科學發達略史目錄

第八章　十八世紀之科學

第九章　十九世紀之科學

附錄

科學發達略史

張子高教授講演

周邦道記述

緒　論

海關以還，歐風東漸，承學之士，咸知科學之重要，且羣起而攻治之矣。然攻治科學，實不可不略知科學發達之歷史，曷言之？

一、於以知科學發達之源流也；科學發達，有其演進之源流，悠久之歷史，展卷以觀，便可瞭然。如以天文學為例：希哲亞里士多德（Aristotle）謂天體渾圓地球居中。多勒梅(Ptolemy)因之，確立地中說，亙千餘年。十六世紀歌白尼(Copernicus)起而推翻之，創日中說；謂：日居中心，地球及其他行星，繞之而行。開卜勒(Kepler)繼之，更發明三律，解釋天體之運行。後加里雷倭（Galileo)發明望遠鏡，凡彗孛飛流，麗天燮然者，皆能窺測及之；歌氏之說，愈臻鞏固。迨十七世紀牛頓(Newt

on)之萬有引力說，及十八世紀拉普萊斯 Laplace) 之星雲學說，相繼出世，於是天文學一道，極登峯造極之觀矣。沙騰(Sarton)謂『科學史惠吾人以進化的觀念，與繼續遷變之人事，』旨哉斯言。

二、於以知科學方法之應用也；彼耳生(Pearson)曰：『苟科學方法，能成習慣，則凡事皆可成科學，此爲科學方法之特點。科學之範圍無限，取材無窮，舉凡自然之現象，與社會之生活，文化發展之過去未來，皆爲科學之資材。科學之主體，在其特異之方法，而不在其資材之爲何種。』又曰：『非所論之資材，有以定其爲科學與否，而其方法實有以致之。』蓋科學方法，爲治科學之根本要素，此而缺之，則無由而成立其爲科學也。科學方法約分二種：曰歸納，曰演繹是。亞里士多德提倡演繹法，文藝復興之前，士夫翕然從之，憑心窮理，「淵然而思，冥然而悟。」弗蘭息斯培根(Francis Bacon)崛起，標歸納之法，爲爲學準繩；自是以還，學術駸駸，日有進步，論者咸歸功培氏之導領。然歸納演繹，不可偏廢，須相間而進，而後所得，方益彰大。如達爾文(Darwin)以

歸納方法，徵集事變，而綜合會通，成天擇學說；斯賓塞(Spencer)演繹之，謂凡百事物，俱涵此理，於是天擇學說之範圍，擴張彌廣矣。故明瞭古昔賢哲對於科學方法之應用，而藉爲考鏡，乃讀科學發達史之第二目的也。

三、於以知科學家之行爲而資爲模範也； 科學家率皆苦心孤詣，研究學問。如兌維(Davay)未發明笑氣之前，莫不謂硝酸氣毒烈不可近，而彼欲察其生理作用，自飲數次，直至遍體癱瘓，尙不肯休。巴斯德(Pasteur)考察微菌之毒害，不恤以自己肌膚，實行試驗。又如法勒第(Faraday)試驗綠氣時，人多以此氣易致喉患警之者，而彼恬不爲意也。此種行爲，望古遙集，令人起敬；資爲模範，自是從事科學者應有事矣。

讀科學發達史之目的，庸詎祗此？今茲所言，犖犖大者耳。

第一章　科學之起源

科學之起源，卽人生之起源；蓋科學必緣人生之需要而起，非偶然者。然原初之民，渾渾噩噩，不識不知，以生以活；靡有記載，可供鈎稽；有之，必推世界開化最早之諸古國。

開化最早之古國有五：曰中國，曰印度，曰埃及，曰巴比倫，曰希臘。然言科學之起源，中國印度尙不在其列；蓋歐洲文化，皆淵源於希臘，而希臘又淵源於埃及巴比倫也。茲先述埃及巴比倫。

第一節　埃及 Egypt

一、埃及之地勢　埃及位於非洲北部，東濱紅海，西界沙漠。尼羅河流貫其中，每年定期漲水，汪洋汎濫，成爲澤國；然其科學之發明，實受惠於此。

二、曆數　埃及之民，因尼羅定期漲水，環境逼迫，生活攸關，不得不計算時間之長短以預防之。故當時卽知以三十日爲一月，十二月爲一年，一年三百六十日，後又加添五日，以足成之。在亞歷山大朝以前，紀日蝕

凡三百五十次，月蝕凡八百次。又尼羅漲時，恰與天狼星起時相同；故埃民見天狼星出現，卽知泛濫之期至矣。

三、幾何　同時又發明幾何學，幾何(Geometria)一字，乃測地(earth measurement)之義。蓋尼羅泛濫，常有冲積及陷沒之虞，水退之後，必測量畎畝之廣袤，以爲徵稅之標準，幾何學遂因是產生焉。如計算三角形及梯形之面積之方法，皆肇端於此，惟不十分精確耳。其較精確者，爲計算圓周之公式，$(d-\frac{1}{9}d)^2$　定d爲直徑則圓之面積爲$(d-\frac{1}{9}d)^2=(\frac{8}{9}d)2=\frac{64}{81}d^2=\pi R^2$　$\because R=\frac{1}{2}d$　$\therefore \pi R^2=\pi\frac{1}{4}d^2=\frac{64}{81}d^2=\frac{64}{81}\times 4R^2$　$\therefore \pi=\frac{258}{81}=3.16$　與今之 $A=\pi R^2$　$\pi=3.1416$相差無幾。

四、數學　埃及之數學，詳載於倫敦博物院所藏之Ahmes Papyrus (2000—1700 B. C.)手册中，其內容與中國孫子算經九章之類，殆相髣髴。但有答案而無算草：(1)分數齊分子，與現在齊分母者相反；如$\frac{2}{29}=\frac{1}{24}+\frac{1}{58}+\frac{1}{174}$是。然從何可將一分數分爲數個分子爲一之分

數，則其法不傳。(2)乘法先逐個分乘，後再總加，而不用九九表；如　13×甲數　則＝甲＋2×2×甲＋2×2×2×甲　(3)已知某數與其七分之一和為十九，求某數，此為代數一次方程式。埃及算書所載答案為$16+\frac{1}{2}+\frac{1}{8}$得數對，惜其法亦不傳。然從乘法一事推之，可知埃及算法與今所用難易懸絕；蓋一種科學之發明，必先經無數繁複之試驗，而後始獲圓滿之效果也。

五、醫學　據 Ebers Papyrus 卷中所載，泄瀉腹痛等藥品，凡七百餘種；其與我國相同者，有紅花，膽礬，黃連，密陀僧，罌粟殼，等類云。

第二節　巴比倫 Babylonia

一、巴比倫之地勢　巴比倫在黑海之南，阿拉伯之北，波斯之西，地中海之東。有幼發拉底(Euphrates)笛克立(Tigris)兩河，流貫其境，注入波斯灣。每年當四六月之間，兩河暴漲，上流泥沙，沖積下游，而為沃壤，與埃及之尼羅，同一情形。故巴比倫文化發達之背景，歸納之可得三項：(1)土地膏腴，物產豐富，人民無仰事俯蓄之虞；(2)兩河汎濫，發生困難，使不得不設方法以防

決之，因此遂爲科學發明之導線；(3)兩河既以波斯灣爲尾閭，上流又接壤地中海，與波印交通，極爲便利；於以傳播文明，易而且速。

二、曆數　巴比倫最初用以測量時間之器具，即我國古時之所謂「滴漏。」其法，用皿盛水，旁穿細孔，使之滴入另一皿內。當太陽西下，甫及地平線時，開始滴漏，至太陽全落，目不能見時，即停止之；將其所滴之水保存之。再另取一皿，自清晨太陽全見時（即剛至地平線上時，）開始滴漏，直至次晨此時爲止；以其所滴之水，與第一次所滴之水相比。第一次所滴之水，爲太陽經過其直徑所須之時之量，第二次所滴之水，爲太陽經過周天（即一晝夜）所須之時之量，兩相比較，其式爲 17:20，即太陽經過其直徑，爲經過周天720分之一。後因分一日爲十二時，每時爲二小時，每小時又分爲六十分，每分又分爲六十秒。此種分法，現尙沿用之。

巴比倫人又發現六千五百八十五天（十八年）爲日

蝕重行周復之時期，此由於其繼續觀察所得之結果。惟當時天象與人事，每混爲一談：如日蝕月食，以爲災異之徵，彗星隕石，視作兵荒之兆；占象卜筮，因而盛行。然當天文學萌芽之初，星象學(astrology)之一階段，亦事實上所不能免除者也。

三、數學　巴比倫之文字爲楔形的，其記數之符號有三：即 Y 等於一，—C 等於十，Y≻— 等於百。其算法：百以內之數相加，百以外之數相乘。如3爲 YYY（即 Y+Y+Y 即1+1+1)，1000爲 —≺ Y ≻—（即 —≺×Y≻—（即10×100)。巴比倫人用數以『六十』進位，何以知之，可自其平方表知之；表列如下：

1……2　　8……14

2……4　　9……121

3……9　　10……140

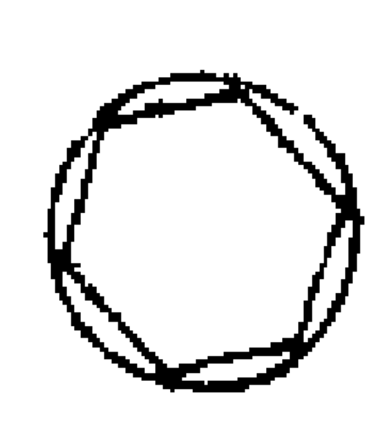
7……49　　11……21

今試觀之八以上之平方，殊不可解，然以六十進位法推之，則固符合也；如　$14=60+4=64$　$121=60+21=81$　$140=60+40=100$　$21=2\times60+1=121$

又立方表亦然，如：　$16^3=1816$　$1816=1\times60^2+8\times60+16=3600+480+16=4096$

此種以六十進位之方法，在科學史上，大有影響；雖後來有十進位法（Decimal System）之發明，然現今天文學中，計算分秒尚以六十進位也。

論巴比倫六十進位法之由來，其說有三：(1)因其曆數均依六十而分，故數學亦受其影響，以六十進位。(2)德人鑑寶（Cantor著有算術史）謂：巴比倫人定三百六十日爲一年，周天循環，成一大圓，卽以圓之半徑分之，則可得六等分，



每等分爲六十度；由此推出

六十進位法。4)泰壘 (Tyler 與 Sedgwck同著科學史略)謂六十進位法，爲六進數與十進數相合而成者。此說在西方無明確之根據，然中國天干之數十，地支之數十二，兩者交互錯綜，每六十年輪轉一周，謂之『花甲』；則似可以備一種證明也。

四、醫學　其詳細情形，不可得而知。惟罕謬拉畢王約法(Hammurabi's Code)中有一律：『醫生能治愈人之目疾者，受賞若干，否則，剜其目以抵罪。』足徵當時對於醫學一道，亦頗重視矣。

* * * * *

結論　文化之產生，必在衣食住完備之後，如荒寒之地，溽熱之邦，蚩蚩者氓，贍生之不暇，焉有高尙之思想發生。但沃土之民，非有困難問題，迫之思想，文明亦罔自孕育。故說者謂：埃及之文明，受賜於尼羅；巴比倫則受賜於幼發拉底與笛克立；洵有以哉。

科學之起，原由於適應目前之需要，至成爲一科之『學』，則純屬高尙理想，更進一步而言者也。埃及巴比倫之科學，祇能講應用，若言『學問』，則當讓諸希臘焉。

第二章　希臘之科學

希臘(Hellenes)者,突出於地中海之一半島也。山水明媚,土壤肥沃;海岸屈曲,多港灣崎岬,甚便通商;而民性活潑勇邁,咸具有偉大之懷抱,獨立之精神。其文明的可能之背景,既美善乃爾,其爲歐洲開化之鼻祖,蓋亦無足怪焉者矣。

希臘人之研究科學,與埃及巴比倫人,異其旨趣;蓋非爲應用而研究科學,乃爲學問而研究科學也。職是之故,科學遂由具體的,而變爲抽象的;由散漫的零碎的,而變爲有組織有系統的。對於文學,美術,政治,建築,體育等類,凡近代文明國家所有之文化,皆於二千五百年前,應有盡有,煥然大備;至今尙爲人稱道弗衰。惟其於此等文化上,發達迅速;故科學上之發達,遂較爲遲緩焉。

希臘科學,可分四期:(1)希臘科學之初興,紀元前六〇〇至四〇〇年;(2)黃金時代(Golden age)之科學,紀元前四〇〇至三〇〇年;(3)亞歷山大城繁盛時代之

科學 紀元前三○○至紀元後三○年;(4)亞歷山大城衰歇時代(黑暗時代)則紀元三○年以後是也。

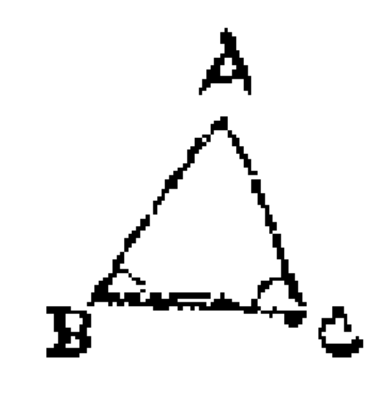
第一節　希臘科學之初興

一、戴爾士(Thales 624—548 B. C.?)

戴爾士生於密耳塔(Miletus)地方,少爲水利工程師;曾留學埃及,回國後,廣播其學問於各處。惟其學問,雖淵源埃及,却青出於藍,別放異采。

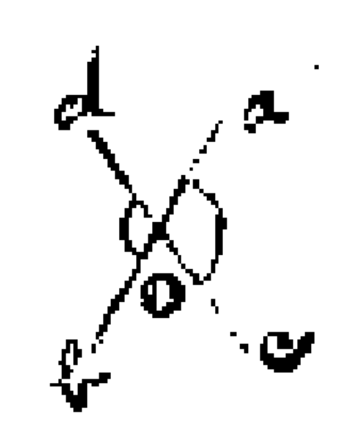
(A)幾何學——戴氏於幾何學,不拘於具體之形狀,而於點形線面上,求其關係。曾發明原理數則:

甲、等邊三角形,其兩底角相等。



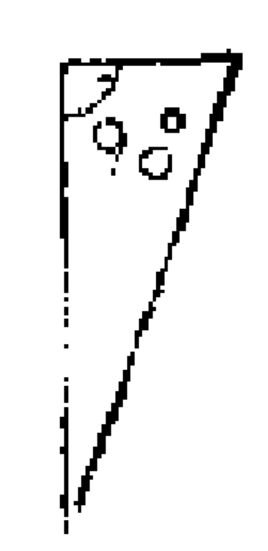
$\angle B = \angle C$

乙、兩線相交,其對頂角相等。

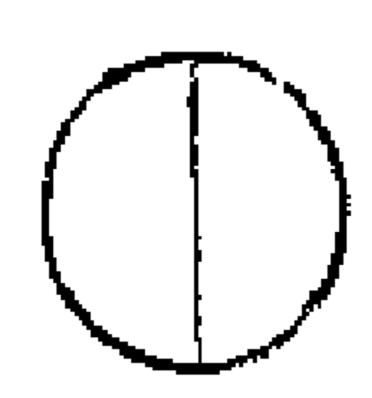


$\angle aoc = \angle bod$

丙、凡直角,其度數相等。



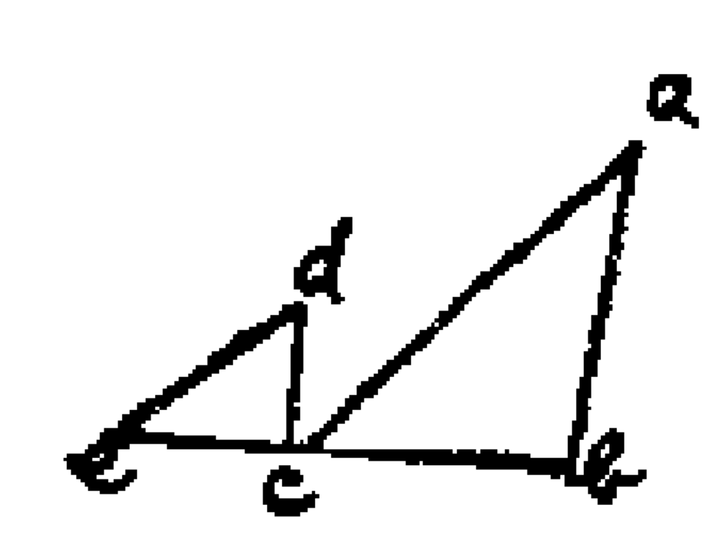
丁、圓之直徑，平分圓為二等分，



戊、半圓內之三角形，為直角三角形。



己、高度可應用相似三角形之原理，測量其影而知。——相傳氏遊埃及，埃王愛默席(Amasis)耳其名，甚善之。一日謂之曰：「子固精於數理者，未識能測量金字塔之高度否」。氏答曰：「是何難，只須一手杖耳」；蓋即應用相似三角形相應邊成比例之原理也。如圖：



ab＝塔之高　cd＝杖之高

ce＝杖之影　bc＝塔之影

ce:cb＝dc:ab

(B)天文學——戴氏喜觀天象。一夕，與老嫗同出戶外，偶失足墜溝中，老嫗笑之曰：「眼前之溝，尚不能見，而謂爾能觀察空中之物乎?」氏弗以為意也。氏曾預算紀元前五百八十五年某月日，應有「日蝕」，已先報告密耳塔之居民。屆時，適有兩國交戰，見太陽隱沒，黑雲黯淡，以為災異之徵兆，乃倒戈而散，言歸於好。及聞氏

早經算的是日必有「日蝕」，舉世驚訝，歎爲神奇；遂推之爲希臘七哲之一云。

(C)宇宙觀　世界萬變中，有何根據？萬變中亦有不變者存於其間乎？載氏謂世界萬變之本，厥唯水。其理由：以爲有生之物，得水則生，失水則死；冷結爲冰，熱化爲氣，沈澱而爲土；變化萬千，惟水有然。此種觀念，在現今觀之，或無足輕重；然『萬變之中，尋求不變，』引起後人之思想者，至深且切。故厥後研究此問題者甚多：有附和其說者；有謂宇宙之原，在水與氣之間者；有謂卽氣者；有謂水，火，土，氣，四元者；至十八世紀時，近世化學成立，卽原質原子論觀念清晰之所賜也。

二、畢薩哥拉士(Pythagoras 580—500B.C.)

畢薩哥拉士生於撒母斯島(Samos)，幼時居家自修，後因載爾士之勸，遊學埃及。迨學成歸國，舉世目爲狂誕，無一人信之者。乃至意大利南部之多利亞人殖民地哥羅托奈(Crotona)，組織團體，熱心講學。是間人士，極欽仰之，每屆講演，聽衆雲集。當時婦女，深居閨閣，不能參與會聚之事；畢氏言論動人，至是男女相率蒞

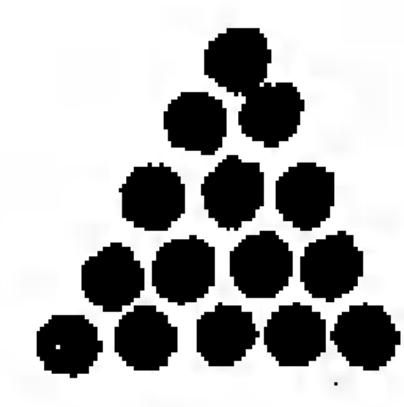
止，忘其禁戒。畢氏在此曾創設一學會，名曰畢薩哥拉士學會(Pythagoras School)；會之性質殊秘密，即學問上之發明，亦不能冠以己名，須歸之會長。因是發生兩種影響：其一，當時揭反對之旗幟而攻擊之者，如雲而起，學會消滅，畢氏被殺，即此之由；其二，科學爲畢氏自己所發明，抑爲其弟子所發明，後人無從辨悉。不過畢氏學說(稱爲畢薩哥拉士學派)，及門弟子，繼續紹述，歷久猶未絕滅耳．

畢氏分學問爲數(Number)量(Magnititude)兩類：數又分(1)絕對的—數學，(2)應用的—音樂；量又分(3)動的—天文，(2)靜的—幾何。

(A)幾何學——畢氏最著功績之發明，爲幾何定律(稱畢薩哥拉士律Pythagoras Theorem)，即勾方加股方等於弦方是也。埃及之引繩術(用以畫直角三角形之方法，繩長十二，分作三段，一段爲三，一段爲四，一段爲五，將各段引直，則某角之對五的一段者爲直角)，僅知用勾三股四弦五，可得直角三角形，至氏而三角形之理進。或謂氏好數學，見 $3^2+4^2=5^2$ 之式，而後發明此

律云。惟氏證明此律之方法，不傳於世。

(B)數學——畢氏學問，可以一「數」字代表之，其數學上之發明甚多：

1. 三角數  如上圖 一，三，六，十，十五，⋯等等爲天然各數之和。

2. 平方數 連續的奇數之和，均爲平方。

$1+3=2^2$

$1+3+5=3^2$

$1+3+5+7=4^2$

$1+3+5+7+9=5^2$

⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯⋯

3. 不等邊數 連續的偶數之和，等於兩個不等邊數(即兩個連續的奇偶數)相乘之積。 連續的偶數 2，4，6，8，10，12，⋯⋯

$1\times2=2$　$2\times3=6=2+4$　$3\times4=12=2+4+6$

$4\times5=20=+4+6+8$

4. 比例 (a)數學級數 a,b,c,d， $a-b=c-d$

$1-3=5-7$　$-2=-2$　(b) 幾何級數 $a:b=c:d$

2:4=8:16　1:2=1:2

氏以爲宇宙一切事物，無非『數』之關繫；故因而推出『聲』與『形』，亦與『數』有關繫焉。

甲、數與聲　相傳氏一日過鐵工之門，聞錚錚之聲，饒有音節，因念及其與鎚擊之頻度，必有關係。回家，用種種物件，實行試驗；因尋出音之高低上下，與弦之長短成正比例。如弦長有下列各比例 1:2 2:3 3:4 4:5 即可得音之和諧。

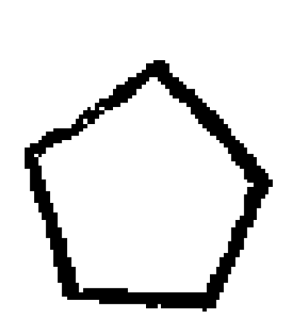
(a)天體的和諧(Harmony of Sphere)謂天體之運行，亦應有一定的比例，發生和諧的聲音，不過非人所能聽聞耳。

(b)幾何的和諧(Geometrical Harmony)如立方體有六面八角十二邊，亦成和諧的比例。6:8 8:12 即 3:4 2:3

乙、數與形　(a)正錐體——四個三等邊三角形，(b)立方體——六個正方形　(c)八面體——八個三等邊三角形　(d)二十面體——二十個三等邊三角形

氏以爲內切球體祇此四種，因將四形與四原說相

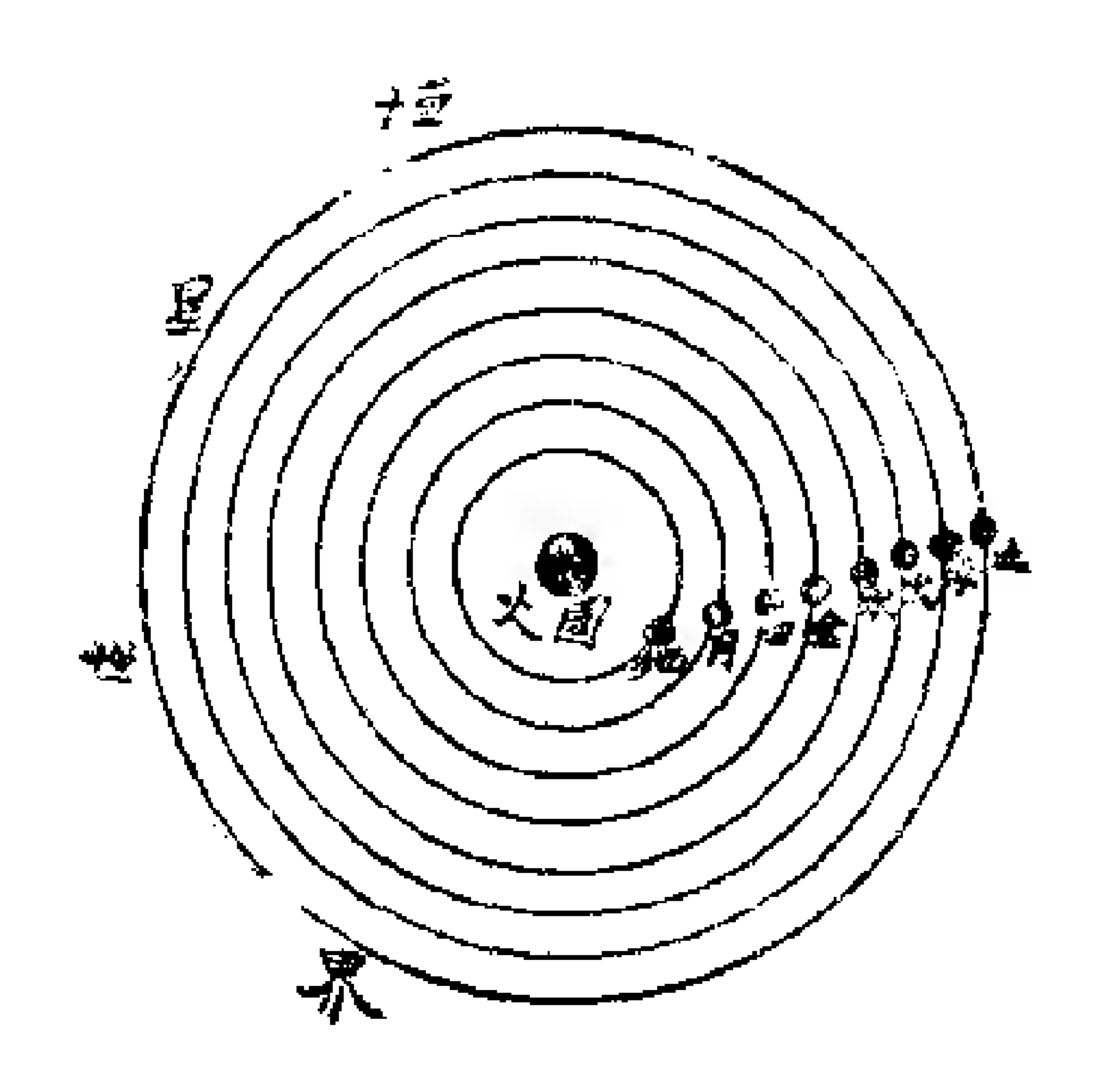
合。謂：正錐體爲火，立方體爲土，八面體爲水，二十面體爲氣；其意以爲互相等似，然除火土外，餘皆牽强。後其弟子某，除此四種形體外，又發明一五等邊形，



合十二個五等邊形，可成一立方形爲內切球體。氏初則禁其宣布，恐破其說；後乃謂宇宙之源，非四乃五，以「以太」爲第五原，代表十二面五等邊形云。

氏對於數目字，又推出種種說素，謂：『一』爲萬物之源；『四』最完善 Perfect；『五』色之源；『七』靈魂，健康，光明；『八』友愛之源。此種推衍之說，徵之我國，亦多例證；如因『五行』之觀念，而有五方，五色，五音，五嶽，五湖，五官，五臟，五味，五倫，等等之附會，然其求統系於數則一也。

(c)天文學——畢氏發見啟明星與黃昏星；又謂月之光亮，來自日光之返照。後其弟子斐羅侖(Philolans)謂日自東而西，非日之自動，乃地球自西而東行動之結果。天體之數有十，除恆星不動外，地，月，日，與金，水，火，木，土，五大行星，均繞𡇼火 (Central Fire) 而運行



(如圖),此蓋最初之「地動說」也。

第二節　黃金時代之科學

紀元前五世紀時,波斯欲壟斷地中海之商業,屢侵希臘,雅典人與之激戰,馬雷賓 (Marathon 490 B.C.) 薩拉密(Bay of Salamis 480 B. C.)兩役,均獲大勝。自是,雅典聲譽日隆,成爲「希臘世界之中心」(Center of Greek World),代斯巴達而握霸權,國內富庶,建築雕刻,講究異常;而哲學,文學,亦發榮滋長,垂二百餘

年；學術之盛，無可與京。黃金時代之稱，寧足為過？在科學方面之進步，雖視建築雕刻，稍遜一籌；然亦不無可稱，試條舉之。

一、原子學說

(A)安納薩哥拉士 (Anaxagoras 500—428 B.C.)——明窗淨几，忽有塵埃，固體物質，蒸騰為氣，變化萬千，莫可端倪；此何物主之耶？安氏以為皆原於『種子』(Seed)，無『種子』，則世界殊寂寂也。當時之人，萬事萬物，均以為各有神祇，主宰其間。氏此說出，羣起攻擊，後竟被逐出境，飄流以終。

(B)留錫坡 (Leucippus 460—? B.C.)——留錫坡之見解，與安氏異。謂：物變無常，其質點必有歷久不能顛破者，乃倡『莫破質點』之說。

(C)德摩克立達(Democritus 460—370 B.C.)——德摩克立達者留氏弟子也。善辭令，將其師之學說，極力闡揚。並謂：『靈魂』與『火』，為一種相同的原子所組織而成之物；人類得此種原子，始能生存；火得此種原子，纔可發燄；人死，則靈魂因而消散，歸於烏有。此種

見解，影響殊大，在達爾頓（Dalton 1766—1844）原子學說未出以前，人多信之。

二、醫學之與與黑坡克拉底（Hippocrates of Cos 460—? B. C.）

原初之民，觀念渾噩，人有疾病，則謂鬼神作祟；故治病者，唯符咒祈禱是務，曰巫曰僧，操其職守。希臘以前之情形，亦屬如此。迨黑坡克拉底起，始研究醫理，闢除迷信。氏曾從德摩氏學，得其科學精神；嘗謂：醫爲仁術，療病術，即爲愛人術（art of curing is art of loving man）。其所持之說：

（1）疾病爲自然的現象　氏謂：疾病爲自然的現象，非超自然的現象，欲療治之，必精密觀察其發生之原因。又謂：人有自己療病之能力，能自攝衛，無庸湯藥。此爲後日自然療病法之嚆矢。

（2）四液論（4 Humours）　氏謂人體有四種液質：曰血，曰涎，曰白膽汁，曰黃膽汁，此四液混合之成分調和，則能維持健康；否則，二豎爲患矣。其理由雖不充足，然能從人體上着想，亦自可貴耳。

黑氏遺書有二種：一曰 Proglosties，意卽疾病進行之自然的途徑；一曰空氣水地，意卽此三者與健康之關繫也。

三、柏拉圖(Plato 427—347 B. C.)

柏拉圖雅典人，年二十，就學於蘇格拉底(Socrates 469—399 B. C.) 爲純粹哲學家，於科學上無甚貢獻，故略而不講)之門，前後修治哲學，凡八閱寒暑，大有所得。及蘇氏受刑，乃游歷埃及，研究數理。後回至雅典講學，稱其學舍曰阿加登梅(Academy)，從者極衆。其教授方法：一爲連續的講演，一爲啓發思想的對話，世稱其徒衆爲「阿加登梅學派」(Academists)。氏好學深思，竭畢生精力，鑽研哲學；年八十三，方列讌會，猝然得病，遂歸道山。

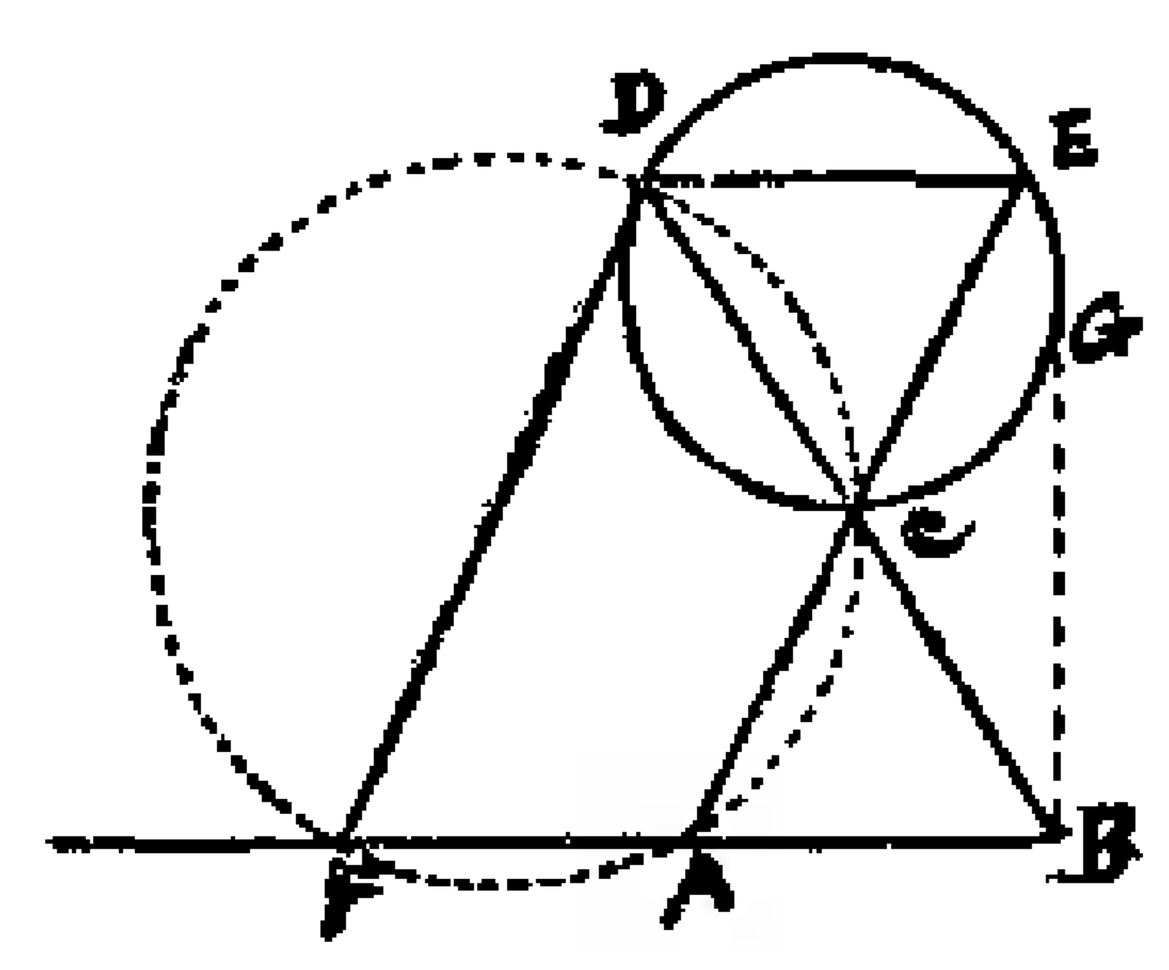
(A)數學——柏氏與蘇氏不同，對於數學，興味極濃；其貢獻於數學上者，亦匪淺鮮。所著理想國 (Republic)中，謂數學爲教育兒童必不可少之科目；又謂無論爲藝術家事政治之種種預備，數學均爲其最好之工具。故其弟子，皆明於數學。此後希臘數學，有長足之進步

者，探源追本，柏氏提倡之功，未可泯也。氏所發明之定律有：(1)點線面之定義，「點爲線之界，線爲面之界，面爲體之界；」後歐几里得亦沿用之。(2) 在等量減去相等量，其餘剩之量亦等；如　甲＝乙　丙＝丁　甲－丙＝乙－丁

(B)幾何學——柏氏固喜數學，然尤好幾何，於其阿加登梅書院門首大書特書曰：『不諳幾何學者，不許列入門牆』。

以前證明幾何者，悉用綜合法(Synthesis method)，從已知證至未知，從所與證至所求，是也。然從何途徑，得此作法，作者既未說明，故學者雖覺其合法，心中往往茫然。柏氏因創分析之法(Analytic method)，分析法者，乃設未知爲已知，設所求爲已得也。今試設題以明之：

例如有已知 D E C 圓，及A，B，兩點，求作 AC，BC 二線交於圓上 C，D，E，之點，使DE ∥ AB 設 DF 爲已得，則D點之切線，割AB於F點上，則F點在經A，C，D三點之圓周上。於是反其道而用之，先尋出F點使 BA × BF



$= BC \times BD = \overline{BG}^2$ (BG為從B引至DEC圓之切線) 從F點上引一切線至圓上，得D點；再接DCB線，得C點；再接ACE線，得E點；因此DE與AB成平行線。

柏氏以前，亦曾有提及分析法者，第未有如是清楚之說明，使後世便於應用耳。

(C) 天文學——柏氏謂地球爲圓形的，居宇宙之中心；行星之距離，與下列各邊成正比例，月一 日二，水星四，火星八，木星九，土星二十七。此蓋由等差級數(1,2,4,8)與等比級數(1,3,9,27)得來之數目也。

四、亞里士多德(Aristotles 384－322 B. C.)

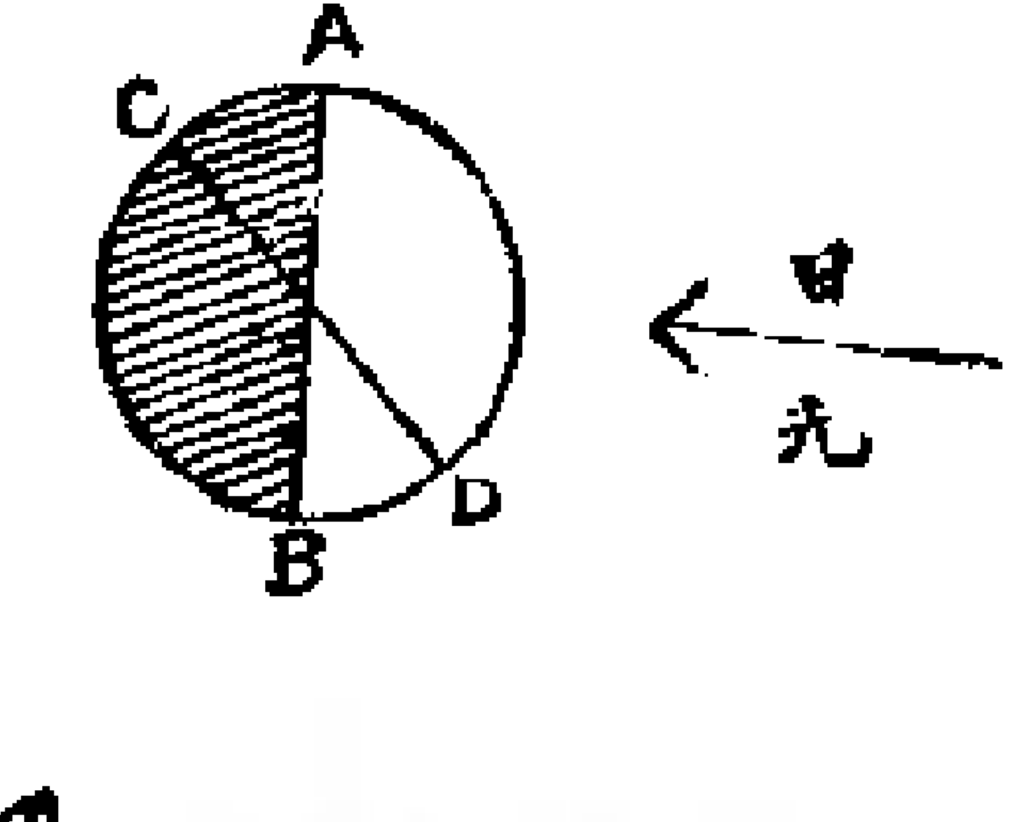
亞里士多德生於希臘殖民地答拉西 (Thracia) 之斯達其拉 (Stagira) 地方，父業醫，兼精物理，故氏幼年對於生物(當時所用藥材，多屬草木之類)及自然科學，卽深有研究。年十七，師事柏拉圖，前後垂二十年，頗爲

柏氏器重。柏氏嘗言：『亞里士多德如同小馬，不但須驅之以芻秣，有時，反以蹄踢其主人』；蓋氏獨運匠心，孳求學問，不肯稍涉瞹昧；每遇問題，輒與柏拉圖駁詰不休也。年四十七（紀元前三四二年），馬其頓王腓力普（Philip）以厚禮聘之，充當王子亞歷山大（Alexand r）之師傅，在職四年，故人頌其「有名師（柏拉圖）更有名弟」云。後開講筵於雅典東郊名其舍曰來加安（Lykeion）常率其徒，逍遙於叢林綠蔭之下，講論一切，世稱爲「逍遙學派」（Peripatetik）。亞氏於學，宏通博洽，無所不窺，並能整理組織，使成有系統之學科；如天文，倫理，政治，論理，心理，物理，生物（人推氏爲動物學之始祖）等，凡現代所有之科學，幾無不有其手澤。其於歐洲思想界上，勢力甚偉，凡有所爭辯，引彼一言，是非立決；猶中土之有孔孟。茲將其在科學上之貢獻，撮要言之。

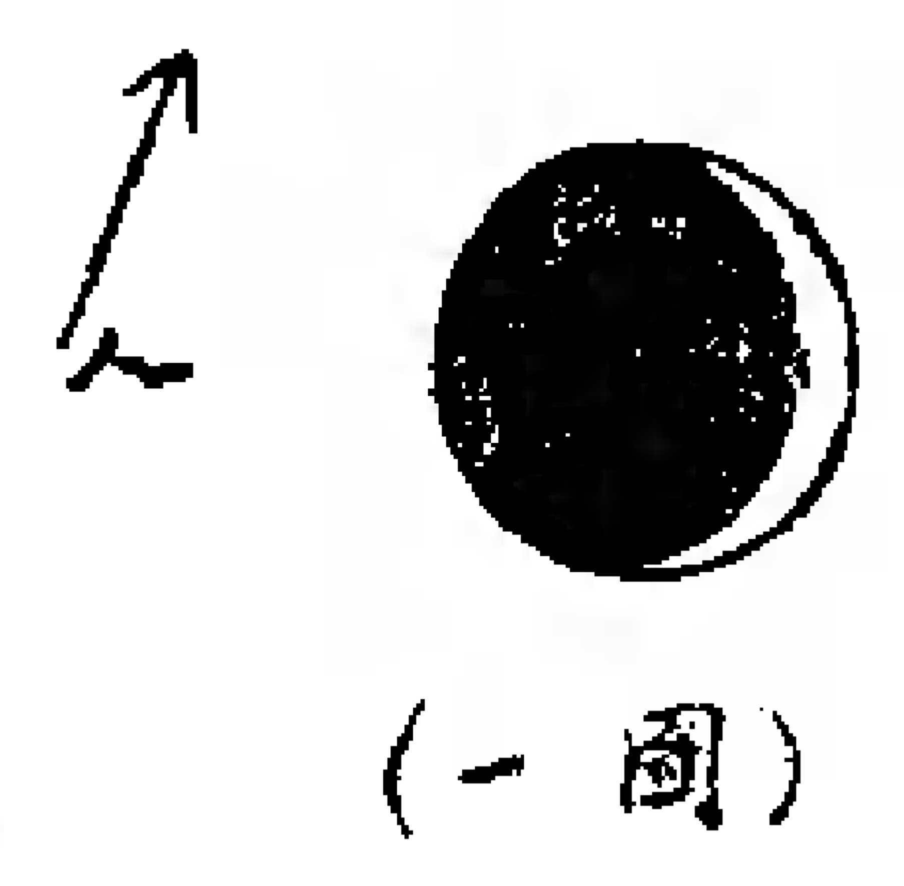
(A)物理學——(1)亞氏謂槓桿有兩種力：一爲順自然的（according to nature卽向下方的），一爲悖自然的（Contrary to nature卽向上方的），理殊膚泛；惟於槓桿之長與力之關係，頗有正確的見解。(2)亞氏關於直形

動之中心與切線的分力，頗有研究。嘗自發問：「車輪大者其行速，小者其行慢，是爲何故？」「物在漩渦，何以必捲入中心？」(3)「力」「質」「時」「距」之觀念，亞氏甚明瞭，謂：以A力，推B質，經過C時，可至D距離之地；或以A力，推$\frac{1}{2}$B質，經過$\frac{1}{2}$C時，可同至D距離之地，或經過C時可至2D距離之地。故相信物體下墜，其速率與重量成正比例。

(1) 天文學——亞氏謂，天體渾圓；地球爲宇宙之中心，常住不動，月，日，行星，繞之而行。因其推測之結果，證明月球與地球均爲圓體。

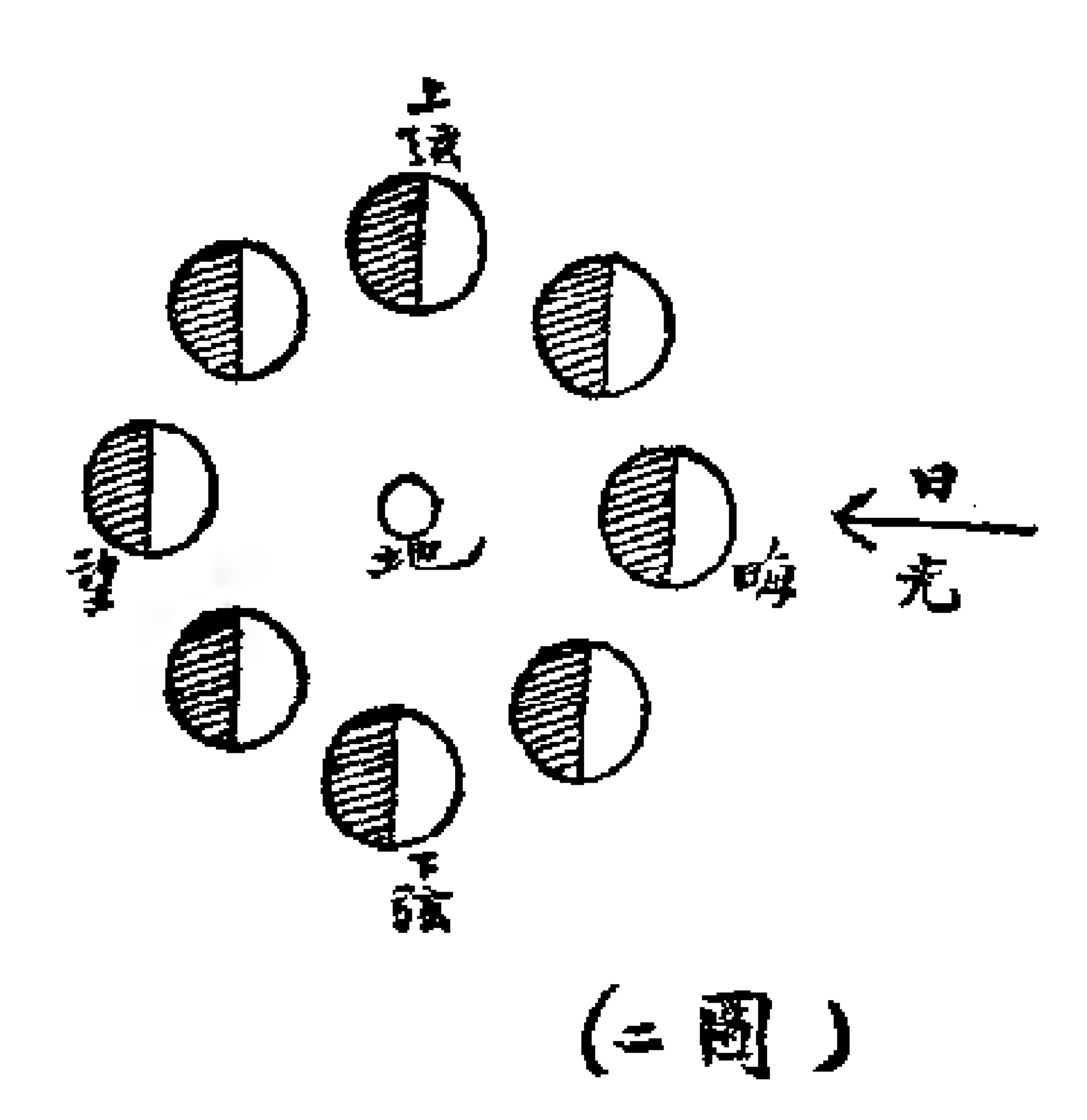


1. 月球　氏謂：月體無光，人所以能見月者，因其受日之光，反射至地球上故。而日光所能照到月體



(一 圖)

之部分，爲ABD半面，人目所能看見之部分，爲BCD半面，以圓體表示之，則爲弓形(如圖一)此可見月球爲圓體。



(圖二)

又人之見月，因角度大小之不同，有朔望上弦下弦之分別；(如圖二)使月非圓體，則決無此種現象也。

2. 地球　地圓之證據有二：(a) 月蝕——若地球爲方形，則月蝕時，地影入月，月體不能成弧形；今月蝕時，月體成弧形，則地球之爲圓體

可知。(b)星象——人向北行，則南方之星漸低，北方之星漸高；向南行者反是。此種現象，實由於地球爲圓體所致也。

(C)生物學——亞氏自幼既博識生物之名，侍讀宮庭時，請於亞歷山大，命令各處，將動植飛潛之品物，運貢至雅典城中。因是，搜羅宏富，乃分門別類，實而藏之。其分類以生物之『器官』爲準標。嘗謂：上等生物與下等生物最大的區別，即上等生物之器官，比下等生物爲精密，爲緊要；如蚯蚓割爲數節，尚可復生；楊柳折枝分插，亦能滋長；若人，則萬不可能矣。生物學所以能成爲一科之學者，微氏之力，不至於是。惟其所持之說，亦有不可爲訓者；如「自然發生論」(Spontanious Genera-tion)謂：蛙爲草所變成，與中國古代「腐草爲螢」之說，蓋同其謬戾也。

(D)論理學——亞氏爲論理學(logic)之鼻祖，關於論理學之著作甚多；惟論理學一名詞，出於其門人，非氏所自創者。當時彼輩纂輯其師之著作，見有數種均屬於推斷事理的原則，研究學問的方法，因編爲一書，顏

曰工具(Organon)，而將其中所說之種種原則，名曰論理的原則。工具內容共分五篇：(1)範疇篇，論事物間之類別，爲全書總論。(2)解析篇第一，(3)解析篇第二，此兩篇論解析是非，推斷事理(演繹)，及搜尋證據(歸納)之方法，爲全書最重要之部分，且爲亞氏生平最得意之著作。(4)雄辯論篇，言辯論時所以取勝之道。(5)駁詭辯篇，攻擊當時詭辯學者(Sophists)之謬說，而樹眞是眞非之標準。嘗謂：人之辯理，宜具裁判官的眼光，不宜具律師或訟師的眼光；蓋律師訟師，胸有成見，袒護一方；裁判官則雙方兼顧，無所偏黨也。

亞氏論理學，以三段論法(演繹)爲最著，其方式如下：一、大前提(例)——凡人皆有死，二、小前提(案)——蘇格拉底人也，三、結論(判)——故蘇格拉底亦有死。此爲推理之絕好方法，但大前提甚難確鑿，故所得結論，往往錯謬。如以韓愈所謂「角者吾知其爲牛」爲大前提，則「此獸有角也，故此獸爲牛，」實不可訓矣。十六世紀以前，歐西學者，咸讀亞氏之書，而攻所謂三段論法；致舍置精神，全重形式，千餘年間，學術思想，毫無

進步。論者多歸罪於亞氏，然謂其學者，輕信古人，而不自加思索，要不能不分任其咎耳。

亞氏嘗謂，必先搜尋事實(facts)，而後將事實分類貫串，推理方爲可據；故亦曾有歸納法(Induction)之發明。顧後世僅傳其演繹法(Deduction)者，爲何故耶？其一，氏自己未能應用歸納，而偏重演繹；其二，當時社會，注意此法者，絕無僅有；其三，科學幼稚，方法尙欠完備也。

第三節　亞歷山大城繁盛時代之科學

亞歷山大王以前，商務羣集於泰爾(Tyre)羅德(Rhodes)諸城，勢力甚大。彼卽位後，欲建設一軍國主義的大帝國，而以不可無工商業爲經濟之基礎也，於是建築新城七十餘所，或爲軍事重鎭，或爲商務要津。就中以亞歷山大城(Alexandria)爲中樞，故繁華壯麗，靡可比倫。亞王死後，亞歷山大城爲其將多勒梅(Ptolemy)所得，多氏好學問，有才幹，更整理該城，不遺餘力。紀元前三〇〇年，大修Museum(希臘藝術神女廟)，爲研究學術之學院，中建藏書樓一，演講廳一，聚膳堂一。藏

書樓之寬大，稱世界第一，中藏名人手牘，凡五十萬卷，悉僱人謄錄；聞有故家藏籍，則不惜費重金以羅致之。故一時學風丕振，亞歷山大城遂爲文化之中心點；而大科學家，亦蹌蹌濟濟，緣是而崛起焉。

一、歐几里得(Euclid 330—275 B.C.)

歐几里得生長何所，史不可考。於數學上，無大發明，所著幾何原理，(Elements)係編輯古代數學方法而成，爲數學上第一次有系統有條理之著作。全書共分十三卷，明末利瑪竇挾之入中國，徐光啓(從利氏學)譯其前六卷，後七卷則同治間李壬叔譯。我國向只有勾股學一類零碎的專書，其獲覩完全的幾何學，實自幾何原理始。幾何原理之爲書，由淺入深，步驟絲毫不紊。相傳安勒梅王嘗問歐氏研究幾何學，除幾何原理外，有無捷徑可循?答曰:「幾何學中未有御道也。」(In Geometry there is no straight path for kings.) 又有一學生，問研究幾何究有何種利益?氏命僕人與以銅幣數枚；蓋嗤其爲求利而研究學問，非爲求學問而研究學問也。

(A) 幾何原理之影響——幾何原理一書，數千年

來，研究幾何學者，莫不宗之；英人至謂「讀幾何學」為「讀歐几里得」；其影響之大，可概見矣。其內容之優點，約言有三：⑴氏善用演繹法，故言『假設』，『公理』，『求詳』甚為詳明。⑵書之編制，由簡單而複雜，秩序整然。⑶解題，作圖，證明，有一定之步驟，形式至為清楚。但其所用之法，純為綜合的，未及分析的；故只能使人相信其結果，不能使人自動以求其奧妙，此蓋幾何原理之大缺點也。

(B) 歐氏之其他著述 歐氏其他著述甚多，如Par-isms，Data Fallacies 等等；其較重要者，即反射光學(Catoptrics)。依現在光學理論：人之所以能見物者，由外界光線射入吾人之目故。歐氏則謂：吾人眼中之光線，注射至物體上，始能見物；如針墜於地，吾人不能見之者，即眼中光線，未達針體故也。

二、亞幾默德(Archimedes 312—287 B. C.)

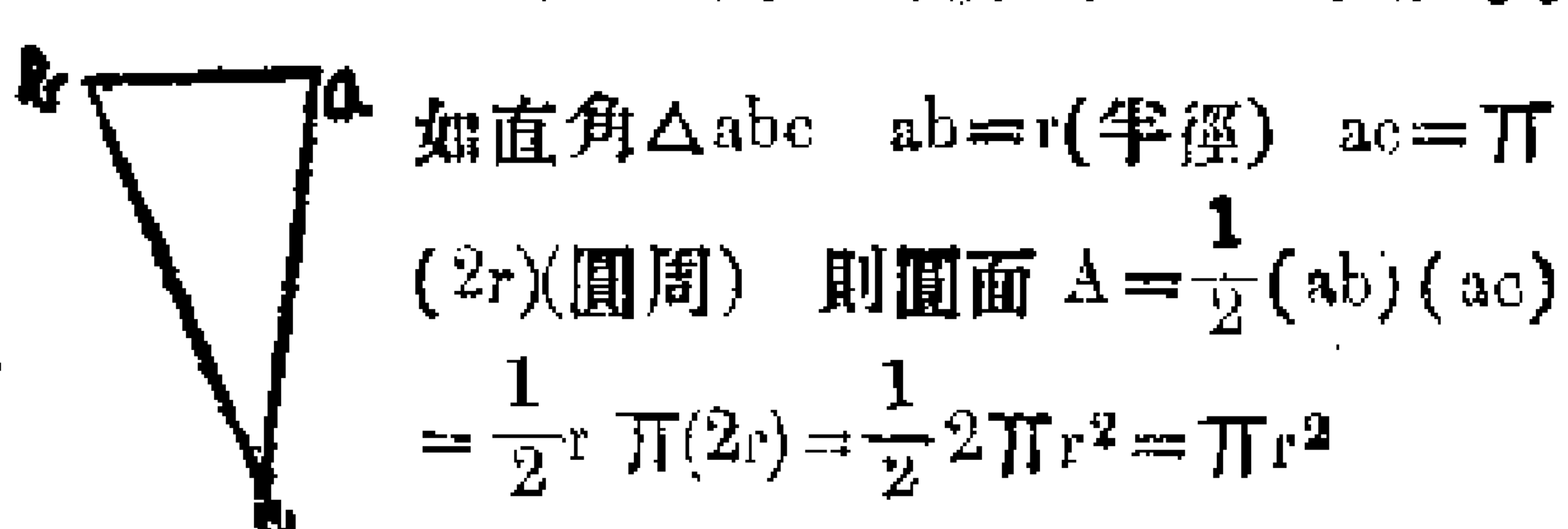
亞幾默德生於西西里島之錫拉邱世城(Syracuse)，為數學家，物理學家，工程師；宏通博淹，發明極多。初講學亞歷山大城，後回至本地；羅馬西侵，死亂軍中。其

於學術界，思想界，影響甚大；中世紀人謂「亞幾默德的問題」(Archimede's Problem)，卽不能解決之問題，「亞幾默德的證據」(Archimedes Proof)，卽確實可靠之證據，著有幾何力學等書，及與人往來尺牘。氏有制服自然統馭自然之精神，且實地試驗，不憑空論，故人稱其爲歷史上第一科學家云。

(A) 數學家之亞幾默德——亞氏講數學，與歐几里得不同，歐言量(magnitude)不言數 (number)，氏則言數不言量：且氏言應用，而歐則否。

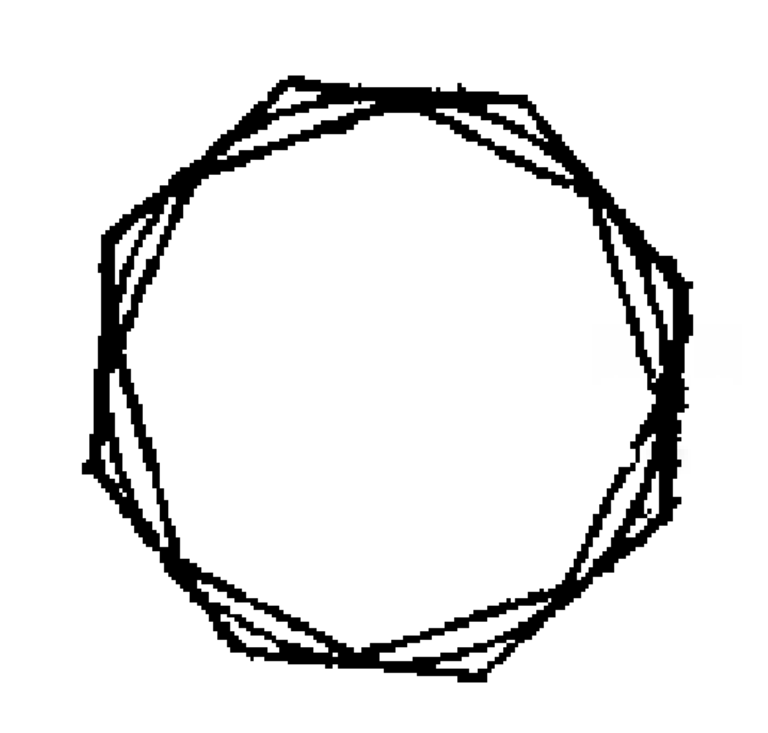
1．測圓　氏對於測圓，發明兩條定理：

(甲)圓面　若直角形之兩邊，其一等於圓之半徑，其一等於圓周，則此圓之面積與此三角形相等。



如直角△abc　ab＝r(半徑)　ac＝$\pi(2r)$(圓周)　則圓面 $A=\frac{1}{2}(ab)(ac)=\frac{1}{2}r\,\pi(2r)=\frac{1}{2}2\pi r^2=\pi r^2$

(乙)割圓　於圓之內外，各作切圓之八方體，圓圈適在兩八方體之間，因此推知角體愈多，則圓之面積愈爲接近。

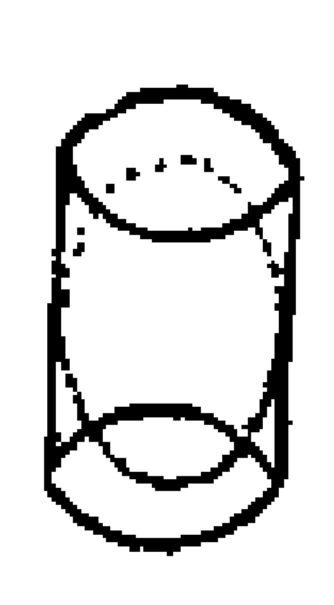


氏所得結果 $\pi<3\frac{1}{7}$

$\pi<3\frac{10}{71}$（近似數）

2. 球與圓柱體 球之面積等球內最大圓面積之四倍。

球面積＝$4\pi r^2$ 圓面積＝πR^2 以球體置圓柱體內，則球之面積爲圓柱之三分之二。



圓柱面積＝$2\pi R^2+(2\pi R)2R=6\pi R^2$

球面積＝$4\pi R^2$ 卽圓柱面積：球面積＝6:4 卽＝3:2 此等問題，在今日數學昌明時代，不難用微積分求其結果，惟在古昔，苟非用心之深，用力之苦，則殊茫然不知其所謂。故亞氏曾作球與圓柱體一文，自己亦非常滿意；遺囑死之日，必鐫於其墓表，以誌紀念。

3. 量沙 氏曾作一文，名爲沙粒之計算，謂世界雖大，亦可以沙粒之微比較而計算之，特爲數甚大，無以名之耳。聚沙萬顆，成芥子大之沙球，而芥子之直徑，等於一指闊之四十分之一。地球之直徑有百萬「斯基空」(希度名，約等於一哩之八分之一)，而宇宙之徑，

等於地球之一萬倍。依此計算，若全宇宙皆爲沙粒，則必有10^{63}顆，此數之大，誰能名之？

(B)物理學家之亞幾默德——

1.槓桿之理　從前對於槓桿，只知應用，罔識其理；至亞氏始闡明支點(Fulcrum)之關繫。初假定：(a)重量同，而與支點之距離亦同，則兩端平衡；(b)重量同，而與支點之距離不同，則不能平衡，其距離較大之一端，則下墜。繼推論：兩種不同之重量，若其與支點之距離，有相當之比例(重者較近輕者較遠)，則兩端平衡。因得公式　重×距＝重'×距'（如$2\times5=1\times10$）氏嘗言：「設吾於地球外得一適當之支點：直可以移動地球而無難也。」

2.水力學　錫拉邱士王希羅(Hiero)製一金冕，當時人言嘖嘖，謂金曾攙假，但其量仍等，無從察其虛實，乃命亞氏審查。然冕不可有所損壞，氏思之再四，亦未得何法。一日，入浴，覺身體減輕，乃大呼曰：「吾得之矣！吾得之矣！」蓋悟水之『浮力』作用也。其理：物體入水，必減去同容積水之重量。如　一方金在空氣中重量

＝甲　一方金在水中重量＝乙　同容積水重量＝甲－乙　金之比重＝$\frac{甲}{甲－乙}$　若金冕所稱得之重量，與此公式合，則爲純金；否則必曾攙假。

(C) 工程家之亞幾默德——

1.引水機　氏曾發明引水機，其形如螺旋，反覆旋



轉之，水自上昇，世稱「亞幾默德引水機」(Archimede's Pump or Screw)。

2.轆轤　氏又發明轆轤之理，以小力引起重物；自謂如有重載之舟，擱淺時，可一人舉之而起。希羅請試之，命士卒將武庫中所有兵器，悉搬入一船內；氏裝置許多轆轤，果如其言　曳之至岸，且極從容之致。自是聲名揚溢，遍於國中。希羅嘆服曰：「亞幾默德之言，無有不可信者也」。

3.戰器　相傳羅馬來侵，錫拉邱士危險萬狀，王乃召亞氏，籌謀對付。氏至，應用槓桿之理，飛箭擲石；又用凹鏡聚光，燒其船隻；以少勝多，錫城賴以苟安，但被圍七年，餉糈罄盡，竟被克服。初，羅馬軍官馬薩拉士（

Marcellus)令勿殺亞氏，當生擒之；後，一卒至氏住所，請隨之行，氏正就沙盤繪幾何圖形，弗之顧，遂見殺。馬薩拉士大怒，立將該卒斃命，而厚葬亞氏，並將球與圓柱體刊諸碑石，蓋從氏之志也。

三、亞律士他邱(Aristarchus 270 B. C.—?)

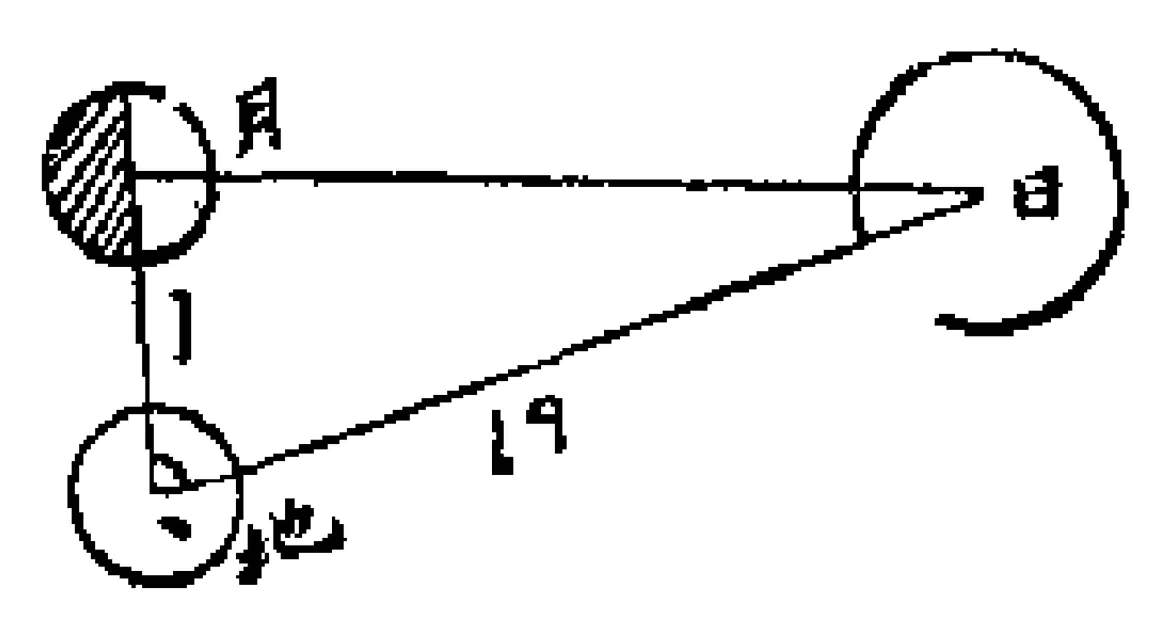
亞律士他邱者，天文學家也，其發明有三：

(A) 地球繞日說——以前學者，皆謂日繞地球而行，地球爲宇宙之中心，常川靜止；畢薩哥拉士學派，雖承認地動，然所繞而行者爲圍火，而非太陽。至亞律氏，始首創地球繞日之說。反對者謂，如地球繞日而行，則星球何以不變？氏曰：星球距離地球甚遠，而地球所旋轉之範圍甚小，故不覺其變遷也。惟氏雖言之成理，而以與世人信念，扞格不合，故卒未能發揚光大其說焉。

(B) 地球公轉與四時之關係——氏謂：地球有兩種運動，一自轉，一公轉；因自轉而分晝夜，因公轉而分四時。然四時之所以分，由於地軸傾斜故，若地軸與赤道成直角，則永無春夏冬秋之別矣。

(C) 日月距地之路——氏在月之上下弦時，測日

月地所成之角度，得地距月與地距日之比爲1:19。當時三角學尚未發明，且又缺乏天文儀

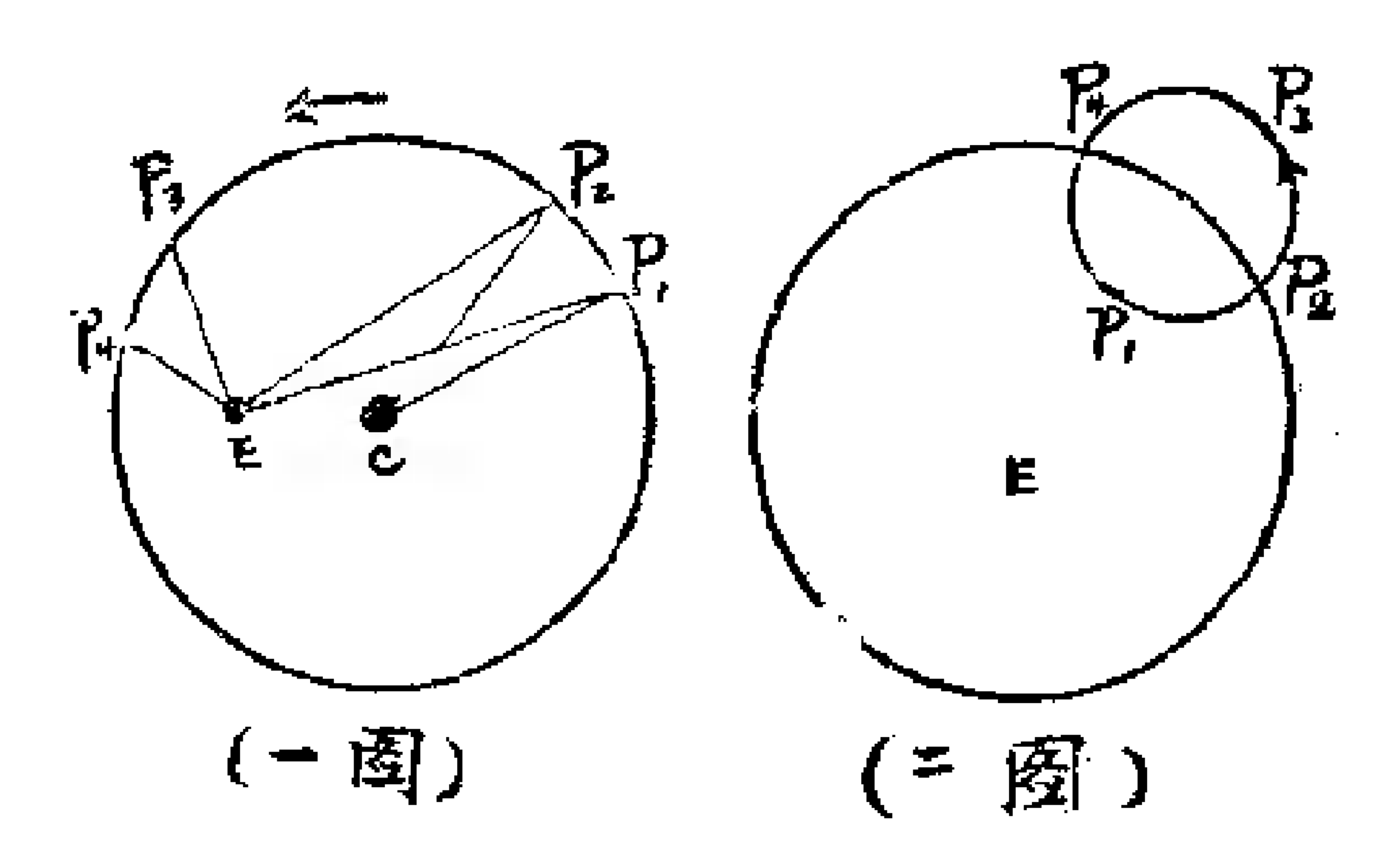


器，故所得結果，難言準確。然其所用方法，大有科學之精神，與前此之徒幻想冥索者，蓋不可同日而語矣。

四、賓帕郎(Hipparchus 160 B.C.—?)

(A) 當時天文學上之兩假設——希臘天文學者，皆堅信地中說，而謂天體運行，不外兩條件：一爲「等速度」(Uniform Velocity)，一爲「圓運動」(Circular Motion)。嗣以觀察所得，與此不符，於是有兩假設出。其一曰，『不在中心說』，(Excentric Circular Orbits)謂諸行星皆圓運動而繞地球，但地球不在中心，而在中心之旁；故雖等速運動，而地球上觀之，則有緩速之不同。如圖一：C爲中心，E爲地球，P爲行星，P_1P_2 與 P_3P_4，其間距離固等，而因地不在中心，視線之角度有大小，故行星在 P_1P_2 間(角度小)，覺其行也速，在 P_3P_4 間(角度大)，則覺其行也緩。然此只可解釋同一行星而有緩

速之差異也，此外更有逆行之現象，則爲何故乎？於是



(一圖)　(二圖)

第二假設所謂『重圓說』(Epicycles)出焉。此說謂地在中心，而行星之繞地有兩重圓，第一圓繞地公轉成擺線(cycloid)，第二圓自繞一點而運行，成外擺線(epicycloid)；而第二圓之圓心，即在第一圓之圓周上。故當行星之自轉方向與公轉方向相同時，在地球上觀之，覺其向前進行；反之，則覺其向後逆行。如圖二：E爲地球，P爲行星，大圓爲公轉軌道，小圓爲自轉軌道。C爲第二圓之中心，P_1，P_2，P_3，P_4，爲各行星自轉時所必經之地位。如自轉運行至P_3時，與公轉C之進行方向同，但至P_1時，則適相反矣，是即逆行現象之所由來也。

實帕耶氏受此兩假設之影響甚大，故其解釋天文，均依之爲根據，不能另闢蹊徑焉。

(B)星辰記載——實氏整理古人之記載，而證以目前之現象，並就自己觀察所得，隨時筆錄，以爲研究之資料(曾記載一千零八十顆星)。嘗謂：理論未可盡信，觀察實爲要圖；足徵其實驗的精神之爲不可及矣。

(C)春秋分變遷——實氏謂地球除自轉公轉外，尚有地軸運動(與陀螺將倒時的運動相似)，因發明春秋分變遷(Precession of the Equinoxes即歲差)，謂每年相差三十六秒(實際相差五十秒)云。

(D)三角學之發明——實氏用弧弦(chord)之理，測量星球角度之大小，以推算其距離之遠近，曾作弧弦表(table of chords)，其 chord 60° 與今之2 Sin 30°相等。蓋後世三角學，以實氏爲濫觴也。實氏爲當時一大思想家，著作侈隆；特除散見一二於托勒梅之書外，餘皆不傳於後殊可憾耳！

五、托勒梅(Claudius Ptolemy 140 A. D.)

托勒梅集亞里士多德派所主張天文學之大成，確

立『地中說』(Geocentrical Theory)，謂地球居宇宙之中，靜而非動，月，日，行星，繞之而行。著有一書，名『Almagest』，囊括衆說，而加以討論，都凡八卷。首卷，品評天文學上基本的論據，證明地爲中心，有「地苟非中，則天之一邊，必較他邊爲近。而近邊之星，亦必較大，…」云云。其第九章，解釋弧弦表，於實帕郎之所計算者，有所補充。三四五卷，以『不在中心說』與『重圓說』，討論自轉公轉，及月日之距離。五卷，敍述主要的觀象儀之構造及用法。六卷，說明日蝕月蝕，彼曾用實帕郎之方法，當月蝕時，觀察地影之大小，而計算太陽之距離。七八卷，揭錄實帕郎所記載之一〇八〇顆星辰，並討論春秋分之變遷。故安勒梅之事業，不在自己發明，而在整理前人之成績。然自安勒梅後，謁律士他郎之地球繞日說，湮沒殆盡；而千有餘年，莫不以『地中說』爲宗，則安勒梅之著作，有以致之也。

第四節　希臘總論

希臘科學家，對於物理上，幾何上，天文上，頗有所發明；若世代相承，廣續深造，則增高繼長，科學之進

步，當不可以道里計。顧何以紀元三十年後，遂逐漸零落，蹶而不振哉？此其故，有關於環境者；羅馬克服希臘，後建羅馬帝國，專事武功，經營建築，學術事業，遂爾拋荒，此其一；耶教傳入，人民信仰彌篤，科學與宗教，兩不相容，此其二。有關於本體者：其一，見解執一；如以天體運行為等速度，圓運動，歷世相傳，牢不可破；及觀察現象，與此不合，則更假設『不在中心說』，『重圓說』，以為解釋，牽強附會，曾不能稍變其往日之信念。其二，實驗方法未成。事理之解釋多憑臆斷，罕就事實。如亞里士多德之言墜體等事；是其類也。

第三章　羅馬與黑暗時代之科學

第一節　羅馬帝國之略史

紀元前半稘凱撒(Julius Caesar)窮兵黷武，侵服四鄰，版圖極其廣大；北至英倫，南至埃及，東至印度，西至西班牙。當時關於科學上之事業，渠曾從事兩件：一，改曆——一向以三百六十五日為一年，至紀元前四十七年，日曆相差至八十五日之遠，凱撒乃改三百六十五又四分之一日為一年，每四年，二月份內，加增一日。

二、測量全國——測量全國幅員之廣袤，製為圖表，歷十餘稔，始竣厥功。紀元前二七年凱撒死，其姪奧憂斯塔斯(Augustus)帝繼位，統一全國，總攬政權，為古羅馬帝國(Early Empire)之開山。帝頗能修明政治，獎勵學術，故有羅馬『銀時代』之稱。傳至戴克利先帝(Diocletion 284-305)時，帝國分為東西，爾後，時合時分，不一而定。自君士但丁帝(Constantine 272-337 A.D.)而後，稱新羅馬帝國(Later Empire)，帝克服土耳其，建君士但丁城(Constantinople)以自紀念；又定基督

敎爲國敎。至三九五年，體何德西一世（Theodosius I）沒，帝國永分東西，不復統一。西羅馬至四七六年羅馬失守而亡，東羅馬至一四五三年君士但丁城失守而亡。吾人既得此歷史的背景，乃可言羅馬之科學。

第二節　羅馬人科學之態度

希臘人對於科學，崇尚抽象方面，學問方面，羅馬人則注重具體方面，實用方面。故科學界中人，求其能如喜帕卡士他斯或寶帕那之天文學家，柏拉圖或亞幾默德之數理學家，黑坡克拉底之醫學家，皆不可得焉。惟其工程與建築，則大有可稱者：如宮殿，苑囿，石像，碑刻（戰勝時之紀念），舞臺，水道等，備極華美巧妙之致；至今遊覽彼都，尚可瞻其遺蹟也。

第三節　科學界之人物

一、威蒂威晏（Vitruvius）

威蒂威晏爲羅馬建築及工程家，生於奧古斯塔斯時代（約14 P. C.）。著有建築學（De Architecture）一書，謂：無論何種學問，如幾何，算學，物理，化學，音樂，圖畫，衛生，等等，莫不與建築學有密切之關係；欲建築之

美善，不可不講究及之」是書爲中世紀建築學上唯一之傑作，十六世紀以前之建築學者，咸宗範之，故有建築學始祖之稱。氏又發明圓周率爲三又八分之一，惟不及亞幾默德之簡確耳。

二、斯脫勒波(Strabo 63B.C.—24A.D.)

斯脫勒波與耶穌同時，羅馬之地理學家也，曾遊歷意大利，希臘，小亞細亞，埃及，愛錫阿闢亞(Ethiopia)等處，就其多年探訪觀察之所得，著爲地理學(Geography)。嘗自謂「余西至愛脫魯力亞(Etruria)之境，南抵愛錫阿闢亞之疆，諒世之著述地理者，其足跡所及，罕有遠過於余者矣」。氏以火山與地震，理出一源；地心熱氣破地面而出者，卽成火山；其鬱積於中而鼓動者，卽成地震。又氏頗注重人文地理，凡經過地方之人情風俗，及著名遺蹟(如柏拉圖講學處等)，皆詳爲記述，與夫徒言山川之位置，地方之大小者迥別，此亦注重實用科學之明徵也。

三、柏林奈(Pliny 23—79 A. D.)

柏林奈爲博物學家，其鉅著名自然歷史(Natural

History)，都三十七卷；雖其內容，如百科全書，羅記瑣屑，非專門科學的作品可比，然文化史上，實有其重要之位置焉。氏生平最喜觀察自然界之景物，大而風雲雷雨，日月星辰，小而草木鳥獸，金石土革，莫不注意及之，細加研究。其論地爲圓形，以海船先見桅後見身之理爲證，觀念甚爲明瞭，至今地理學者，尚沿其說。紀元七九年，維蘇威火山爆烈，傍勃(Pompeii)城陷落，氏爲科學的好奇心所引動，親赴該處觀察，以太近噴口，遂被掩沒而死。

四、葛倫(Galen 130 A. D.)

葛倫生於小亞細亞之哀庚蠻(Pergamum)地方，爲醫學家，及解剖學家。當時有解剖人體之禁令，氏用兎貓等小動物以爲替代，曾發明感覺神經（Nerves of Sensation)與運動神經(Nerves of motion)。此後千四百餘年(威色栗 Vesalius 1514–1564以前)，解剖學家均莫能與之齊名。著述甚多，雖非盡屬創作，而於醫術上解剖上之貢獻，則殊匪淺尠也。

第四節　數學之概況

羅馬人喜實用科學，而無興趣於抽象科學，既與希臘人相反，故於數學，亦祗取其實際可應用者而研究之。往日希臘人所視爲市儈所學之「商業算術」(Commercial arithmetic)，至是遂爲一種異常重要之學問。所謂「羅馬數字」(Roman numerals I II III IV V VI VII VIII IX X)，亦因而產生；較之希臘用字母者，略爲進步，然仍笨拙也。其算盤，有長槽八，短槽八，長者一槽五珠，其餘七槽四珠；短者每槽一珠，每一珠代表五個單位；法頗完備，但今不傳。而算盤不能隨時攜帶，故當時「手算」(finger-reckoning)，極爲發達。至幾何學，則建築上，測量上，工程上，多利用之者焉。

第五節　科學與基督教

羅馬科學，向來罕有發明，充其極致，亦不過述而不作而已。及君士但丁定基督教爲國教而後，基督教勢力，日見膨漲，科學遂更凌夷衰替，每況愈下矣！然基督教何以影響科學乃爾耶？其原因有四：一，根據不同；科學只能見果推因，不能據因造果，基督教則先有假設，謂是非善惡，冥冥之中，有上帝主宰其間，非人所可過

問。二，解釋太拘：聖經上一字句，一寓言，皆奉爲金科玉律，不敢稍持異說，與科學之只問眞理不顧權威者，絕端相反。三，迷信聖經萬能：聖經所載，不過道德眞義，毫未涉及科學，而基督教則以爲包羅萬有，科學亦不出舊約範圍，換言之，卽聖經以外，更無所謂科學也。四，迷信天堂地獄；謂上有天堂，下有地獄，階級森嚴，無可踰越，與地圓之說，大相衝突；又以爲人爲萬物之靈，人居地上，地必居中，則又與地球繞日之說相牴牾矣。

第六節　黑暗時代

自五二九年哲斯亭尼(Justinian)王通令全國，封禁學校，不許人研究希臘學問，而一律崇奉基督神學，於是知識界，遂漫漫長夜，莫覩光明。史家稱中世紀(Middle or Medieval Age 450—1453 A. D.)之前三期(五，六，七)爲『黑暗時代』(Dark Age)，其形容洵畢肖也。然此時期內，有開自拉波席曇開習奧諸人者，講求文教，無意間保存不絕如縷之古學，而示此後「文雅教育」(liberal education)之準標，亦屬差強人意，有足多

者焉。

開白拉(Martianus Capella)於五世紀初年，撰七藝綱要，謂所有學科，可分為『七藝』(Seven Liberal Arts 猶中國之所謂六藝)，曰文法學(grammar)，曰論理學 (dialectics)，曰修詞學 (rhetoric)，曰幾何學 (geometry)，曰天文學(astronomy)，曰算術 (arithmetic) 曰音樂(music)是。中世紀以還，學校教科，悉依此種分法為根據，即現在亦尚未完全消滅其勢力，惟其內容大有所增益耳。

波席晏 (Boethius 480—524) 以四七六年羅馬失守之夕誕生，為五世紀之一大著作家，對於哲學，音樂，算術等，均甚有研究。彼更將開白拉『七藝』分兩大別，曰『前三』(Trivium)，文法，論理，修詞，屬之；曰『後四』(Quadrivium) 幾何，天文，算術，音樂，屬之。但此係脫胎畢達哥拉士之分法，而略加改變者也。

開西奧 (Cassiodorus 490—585) 聲名視前二氏為遜，但其所著七藝之定義，及教學七藝之方法，於近代文化，亦有不可磨滅之影響在焉。

第七節　查理大帝之興學

羅馬既分爲東西兩國，西羅馬與日耳曼爲隣。八世紀時，日耳曼弗蘭克(Franks)族中有查理大帝(Charles the Great)者，襲其父位，爲西羅馬王。大帝以恢復古代羅馬帝國爲職志，兵興之餘，力謀教育之普及，聘英人亞耶蔭(Alcuin of York 735—804)爲學務顧問。其所施之教育，可分爲三期：第一期爲僧侶之教育，第二期爲貴族之教育，第三期爲一般國民之義務的教育(此期後世稱爲今日世界各國强迫教育之鼻祖)。其教科則以讀書，習字，算術，唱歌，音樂，神學爲主。亞氏爲聖馬丁學校校長，親自教授修詞論理算術神學等，其算術問題，可舉一例，「有穀百籮，以百人支配之，每一男人得三籮，每一婦人得二籮，每一兒童得半籮，問有男人婦人兒童各若干？」計算時以算盤爲工具。

大帝提倡教育，不遺餘力，一時學術，忽焉丕振，實中古時代之一線光明也。特事業尚未及半，遽爾云殂，致數十年慘澹經營之勞績，盡歸泡影，良可悼耳！

第四章　印度與阿拉伯之科學

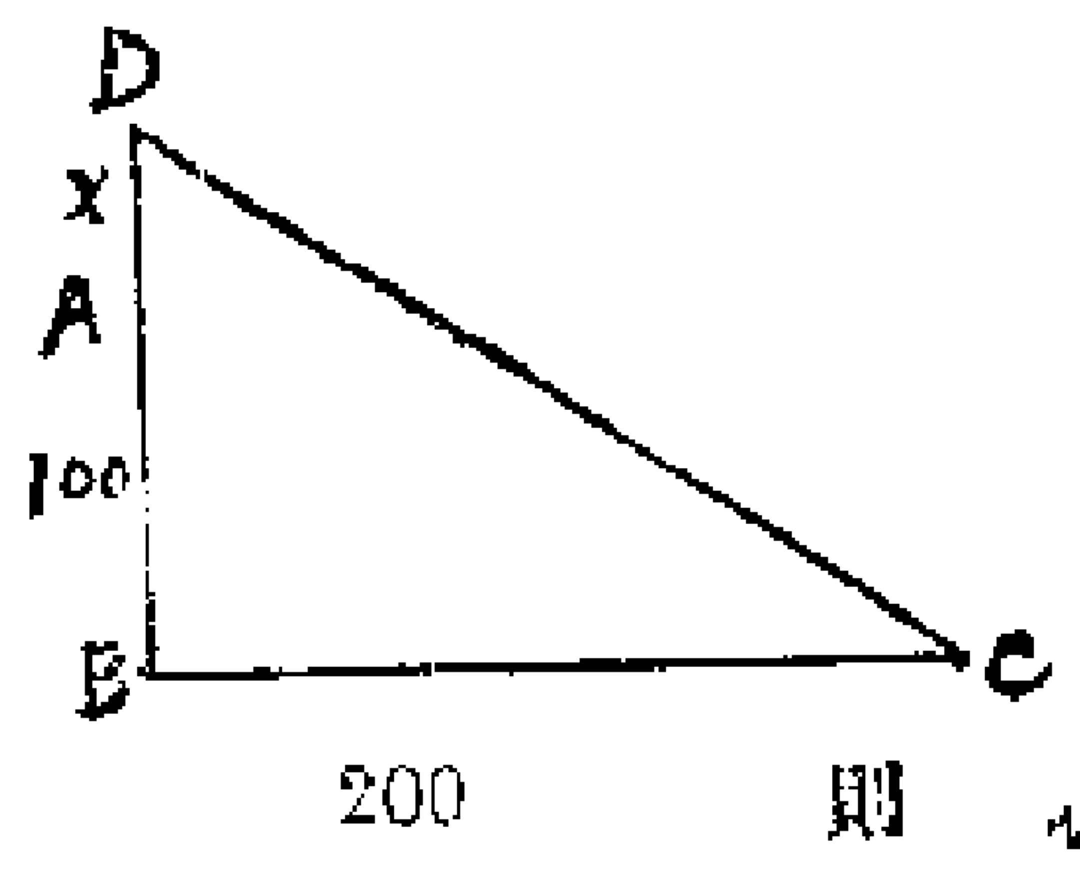
第一節　印度之數學

印度文化之傳入歐洲，以阿拉伯爲其媒介；然其足爲歐洲學術上之影響者，不在哲學及其他科學，而在數學；故茲專述其數學之大概。

一、亞雷伯特(Arya-bhata)約紀元五三〇年時，著有一書，內分天文算術代數三角四大部份。其数學上之發明有三：(1)級數 $1+2+3\cdots\cdots+n=?$ $1+2^2+3^2\cdots\cdots+n^2=?$ $1+2^3+3^3\cdots\cdots+n^3=?$ (2) 正弦(Sine $\mathrm{Sin}A=\frac{1}{2}\mathrm{chord}2A$ (3)圓周率 $\pi=3.1416$

二、勃勒墨蔦(Brahmagupta) 後亞雷伯特數年，曾有天文系統之撰述，言數學者兩章，討論算術級數，二次方程，三角面積，四方形，圓形，稜錐體與圓錐體之體積及面積等。其圓周率爲 $\pi=\sqrt{10}=3.16$ 强。其解釋問題甚多，茲舉二次方程一題如下：有兩猴自山上分兩路至某村，甲猴自某點至山麓，再折向某村而行，乙猴由某點再上走 x 丈，然後直抵某村，則所行之路相等，

但知山麓距某點一百丈，距村二百丈，求 x 爲若干丈。



A爲某點　AB爲自某點至山麓之距離（100丈）　B C 爲山麓至某村之距離(200丈)　A D 爲x

則　$\sqrt{(x+100)^2+200^2}=300$

故$x=50$丈

三、自斯卡拿(Bhaskara)亦著天文書籍，而包涵數學篇什於其內。其發明有下列之幾種：(1) 代數符號(algebraic Symbolism)；向來只用言語或文句以爲演算，甚感困難，至氏始以簡單的符號代替之。(2) 數目字(Des imal numeration)；卽1,2,3,4,5,6,7,8,9，有謂阿拉伯人所發明者，但今之數學考古家，多歸功於白氏。(3)0數記號(Zero mark)；此記號驟視之，似不足爲異，其實效用甚大，如其無之，則數學上必受無限之影響矣。(4)0數律(Rules of Ciphers)　$a\pm0=a$　$0^2=0$　$\sqrt{0}=0$　$a\div0=\infty$

印度數學家，於所謂數學方法，漫不注意；至所用

定理，是否適符，演題次序，是否合於邏輯，更不關心；蓋非視數學爲一種學問而研究之也。此後之不能推廣增進，不亦宜哉？

第二節　謨罕默德與回教之興

謨罕默德（Mohammed 571—632）生長於阿拉伯（Arabia）美喀（Mecca）地方之一神官家，年四十，出而獨樹一宗教幟，勸導國人，美喀人惡之，防其布教，且謀殺之。紀元六二二年二月十六日，乃逃至默德那（Medina），是即回回教紀元之年也。此地，信徒彌衆，自稱受天帝（Allah）使命，出而說教。於是右提劍，左持可蘭（Coran回教聖經），以武力爲布教法門。沒後，其徒極力宣傳，故距其死不及百年，其宗教勢力，達歐亞非三洲，亦云盛矣。

教主頗崇尚學問，奧馬曼（Al-Mansur 712?—775）搜集哲斯亭尼封禁學校後散佚各處之希臘手冊；並將亞里士多德歐几里德安勒梅輩之著作，譯以阿拉伯文，印度學術，亦於是時傳入。迨奧馬蒙（Al-Mamun 813—833）起，更令以阿拉伯文迻譯希臘之數學，天文學，醫

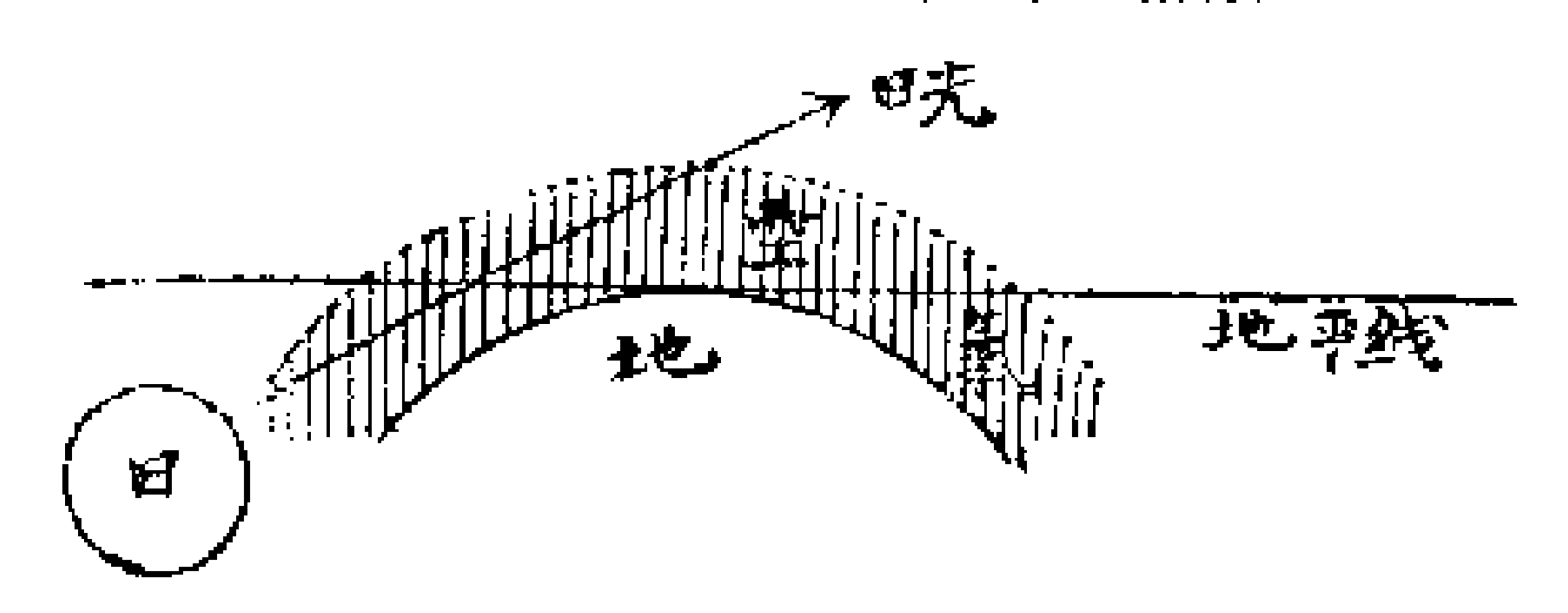
學，哲學，等類卷籍；於白達(Bagdad)則建築「科學院」(House of Science)，而附以藏書樓與觀象臺。故當時學術蔚隆，教化大行，較之基督教國，不啻霄壤也。

第三節　阿拉伯之科學

一、數學　紀元九〇〇年以前，阿拉伯人一方研究印度勃勒墨葛之算術與代數，一方研究希臘大數學家之主要的載籍。八三〇年之頃，奥卡力士(Alkarismi)根據勃勒墨葛之著述，成 Algebra of Alkarismi 一書，後世稱代數為 "Algebra" 卽本此。其發明有二：1.五種二次方程，(five types of quadratic equations) $ax^2=bx$　$ax^2=c$　$cx^2+bx=c$　$ax^2+c=bx$　$ax^2=bx+c$　2. 配平方(Completing the Square)，例 $x^2+10x=39$　可配成　$x^2+10x+25=39+25=64$　$(x+5)^2=8^2\therefore x=3$

二、物理　奥海岑(Al-Hazen 965?—1038)對於光學上之造詣甚深，曾發明反射 (Reflection) 及屈折 (Refraction)之理。謂：黑室之內，莫覩一物者，因物之光線，不能反射入吾人之目也。(較歐几里德之解釋，更進

一步），投錢杯底，初不能見，及注水則見者，光線屈折之作用也。至二目視物不見二物者，二物傳入腦部後，復合爲一也。氏又以屈折之理，解釋日落景況。謂日既



落至地平線下，而因日之光線，透過空氣層，生屈折作用；故雖近黃昏，吾人尚見一刹那之夕照焉。

三、化學　言化學史者，大約分四期：一曰太古時期；斷代於紀元後三〇〇年，是期雖有安納薩哥拉士留鏗坡及德摩克立達輩之原子學說，然與東方五行之「說物觀」近同，故化學觀念，尚未勾萌也。二曰鍊金時期；自紀元五〇〇年，以至一五〇〇年，是期之人，誤信物質互變(transmutation)之說，謂求得「點金石」(philosophers stone)，則「長生」可保，「致富」有方，於是竭智殫慮，徧取各種物質，鍛鍊化冶，以求此石；然其元來之目的，雖悠繆可笑，而其試驗所積，化學觀念，於斯萌

芽矣。三曰製藥時期；自紀元一五〇〇年以至一六六〇年，此期化學知識，較前進步，以和藥調劑，爲化學唯一之功用；但分析之方法，幼稚無似，尙未可與言化學專門的學問也。自一六六〇年以後，爲近世時期，此期化學，完全成科，進步駸駸，有一日千里之概。後二時期，容後敘述；茲先言鍊金時期。

阿拉伯人崇尙宗敎，有神秘氣味，故求「點金石」之觀念，格外濃厚。有吉表(Geber)者，八世紀時之鍊金術者(alchemenist)也，其書中所載因求「點金石」而得之化學的結果甚多，但是否爲彼自己所發明，未可知也。(1)蒸溜——蒸水爲汽，復冷之，則得純淨之水 (Pure Water)；蒸酒精及其他液體，結果亦得純淨的酒精及其他液體；因此得蒸溜之方法。(2)昇華——燃燒固體如砒霜等，復冷之，則得更純淨之砒霜及其他固體，因此得昇華之方法。厥後，又發現酸素(acid)數種：(A)硫酸，H_2SO_4 取皂礬燒之，分解爲三養化硫及養化鐵，$FeSO_4 \rightarrow FeO + SO_3$ 三養化硫得水則成硫酸。(B) 硝酸，HNO_3 現在製法，爲 H_2SO_4 + 硝 → HNO_3 當時，則用礬

硝皂礬三者合燒而製之。(C)硝酸銀，以硝酸融解銀，得硝酸銀，(D)鹽酸，HCL 加鹵砂(綠化錏)於硝酸得之。(E)王水，加鹽酸於硝酸得之，可溶解金質。

阿拉伯人用種種試驗，均無緣而得所謂「點金石」，當時觀念，又以爲火不能煅化者，爲最佳之物，故以金屬燒之(中國亦有眞金不怕火之諺)，燒後，得較重之結果，然殊不能解釋其所以然也。

第四節 回教徒在西班牙所生學術上之影響

七一一年回教徒自直布羅陀海峽入西班牙，漸次及法蘭西之西部；希臘阿拉伯及印度之學術，遂因是輸入歐土。九十兩世紀時，教主更獎勵教化，設立學校，大學至十有餘所之多，小學則到處皆是。一時歐洲各國學生，咸聞風嚮往，負笈而來；就中以西班牙之科達華(Cordova)爲最盛。西班牙教育在發迪密德三世(Fatimides III 961—976)時，極其發達者，卽此之由。至其學校中所研究之科學，除希臘之天文算術文法哲學，及印度之數學外，更加醫學化學(alchemy 其實祗可言鍊金

術)等,故第十世紀西班牙有「回教徒科學之黃金時代」(the Golden age of Moorish Scince in Spain)之稱焉。

希臘文化,經過黑暗時代,而至西歐科學曙光將啓時(1200 A. D.),尚能不絕如綫,繼續傳遞者,厥爲何故?其一,意大利半島,雖經政治軍事之擾攘,尚保存一部分直接的遺傳之文化。其二中世紀衞道主義者(Scholastik)專門研究亞里士多德輩之哲學,薪盡火傳,其來有自。其三,東羅馬滅亡時,君士但丁堡之學者,多携希臘古籍,奔赴意大利,或開筵講學,或膺王侯徵聘,以興復學術提倡教育爲事;職是之故,希臘之古典文學 爲中世紀歐人所未曾聞見者,勃焉而興矣。其四,則回教徒保存傳播之功也;回教徒既將希臘之載籍,譯成阿拉伯文,潛加究擘;至西班牙後,又以之輸入歐土,廣爲傳播;因是,去古雖遙,而餘風遺韻,得未沫焉。

第五章　十字軍東征至一四五〇年科學之進步

第一節　十字軍之興及其影響

耶穌聖地耶路撒冷(Jerusalem)，既入土耳其人之手，每年至是處朝山者，備受苛待；於是中歐信徒，聚集大軍，圖謀恢復，號十字軍(Crusades)。自十一世紀之初，以迄十三世紀之末，二百年間，東征凡八次，旋得旋失，罔奏厥功。惟其直接之目的，雖未獲達到，而其間接所生之影響，則頗爲重大：一，從前各國國民，天各一方，老死不相來往；此後則言語相通，感情孚洽，冥冥之間，養成協同一致之精神。二，將東方一切動植物產，工藝作品，輸入歐土，商務工業，因而大興。三，洞悉各地方之人情風俗，知識增加，文明進步；而好學之風大啓，各國大學，相繼設立。最早者，推意之薩拉爾諾(Salerno)與波隆亞(Bologna)大學，及法之巴黎(Paris)大學；一一四〇年，英之牛津(Oxford)大學，一二〇〇年劍橋(Cambridge)大學，先後成立。至十四世紀，德之普拉顆

(Plag)威因(Wein)哈德堡(Heidelburg)科爾(Köln)歐夫(Erfurt)等大學，相繼設立；他如法之阿爾良(Orleans)與加荷(Cahons)二大學，瑞典之留特(Lund)與烏布薩拉(Upsala)二大學，挪威之基利斯底安(Christiania)大學，及丹麥之柯高海根(Copenhagen)大學等，胥皆此一時之產物也。

第二節　當時數學之概況

當時人士所研究之學問，半為希臘之遺產，半為阿拉伯印度所輸入之文化，而以數學為最盛，茲略言其概況。

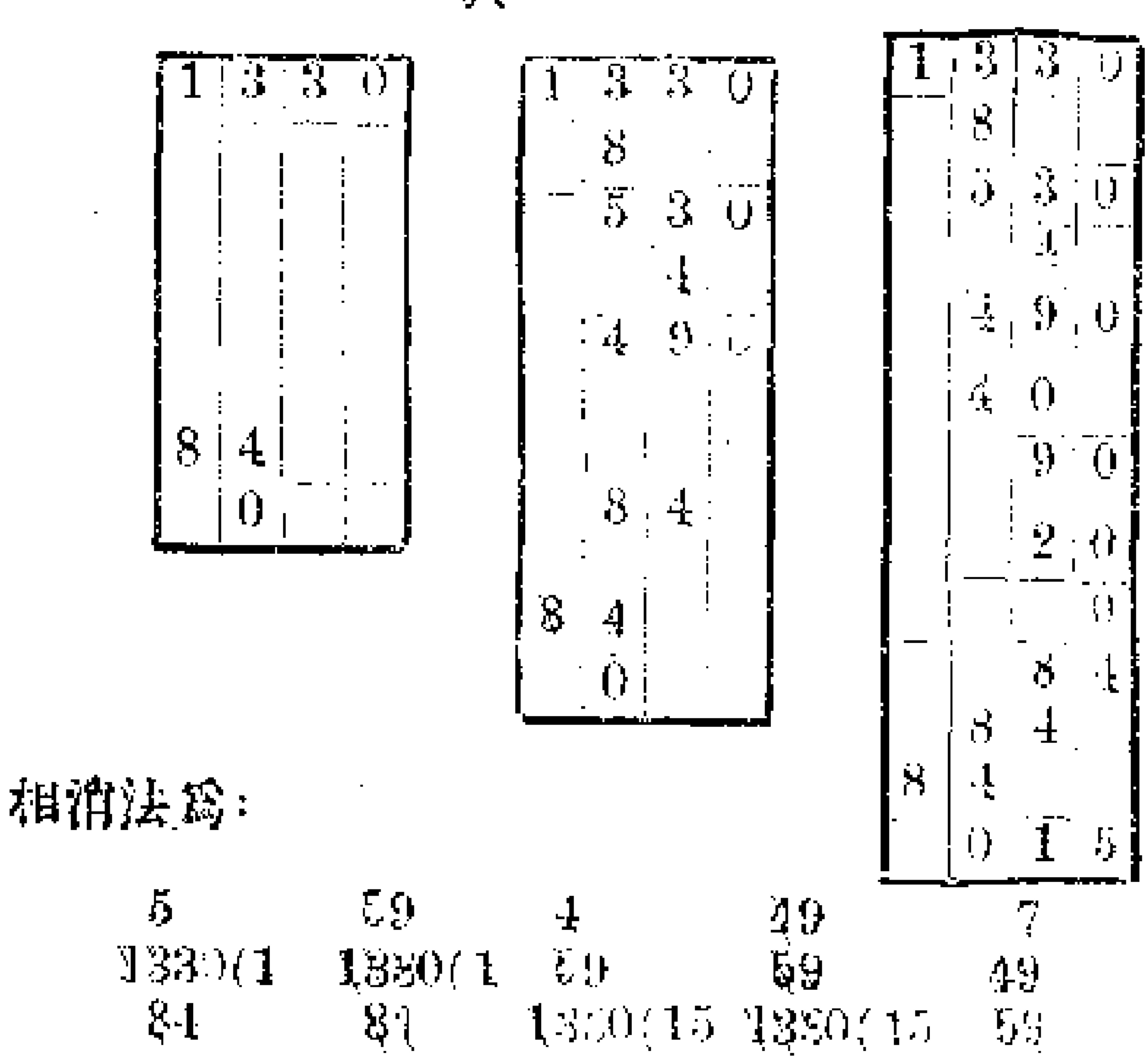
一、數目字　有主張用阿拉伯字者，有主張用羅馬字者，惟羅馬字多用於教會中，平常則以阿拉伯字為較通行，以其便利故也。

二、分數　齊分子，沿用埃及之方法。

三、手算　因算盤不便携帶，商賈苦之，故手算極為通行。乘法，以一手為法，一手為實：如五乘五，兩手之指全伸。五乘六，則屈一指作十，其餘之指為$4\times5=20$，相加得三十。又如六乘七，則一手屈一指，代表六，一

手屈二指，代表七，共屈三指，作三十；將兩手未屈的指，三與四相乘，爲十二；加上三十；即得四十二。依現在算學寫法，可作一公式表示之： $(5+x)(5+y)=(5-x)(5-y)+10(x+y)$ 例 $6\times7=42$ $(5+1)(5+2)=(5-1)(5-2)+10(1+2)=4\times3+30=12+30=42$

四，除法 除法有兩種：一爲阿拉伯法，或波斯法，一爲意大利法，或相消法 (scratch or galley method) 如 $1330\div84=15\frac{70}{84}$ 阿拉伯法爲：



相消法爲：

第三節　科學界之人物

一、闢沙魯(Leonardo Pisano 1175—?)

闢沙魯意大利之數學家也。幼隨父出外經商，肄業於阿拉伯之巴巴蕾(Barbary)地方，研究阿拉伯之十進位，及奧卡力士之代數。長回祖國，著算術書Liber Abaci(Liberal Abacus)，發明$\frac{a}{b}$除號等類，頗負盛名。人多嫉之者，欲與比賽，以判高下。一二二五年。意王某出三問題，召全國數學家而試驗之，題爲：(1)x^2加5或減5，其得數亦必爲平方，求x。(2)$x^3+2x^2+10x=20$試畫一線，使等於此式。(3)甲乙丙三人有錢u，其比例爲$\frac{3u}{6}:\frac{2u}{6}:\frac{u}{6}$甲取x而還其半，乙取y而還其三分之一，丙取y而還其六分之一，則甲　$(\frac{1}{2}x+\frac{1}{3}y+\frac{1}{6}z)\frac{1}{3}+\frac{1}{2}x=\frac{3u}{6}$ 乙 $(\frac{1}{2}x+\frac{1}{3}y+\frac{1}{6}z)\frac{1}{3}+\frac{2}{3}y=\frac{2u}{6}$ 丙 $(\frac{1}{2}x+\frac{1}{3}y+\frac{1}{6}z)\frac{1}{3}+\frac{5}{6}z=\frac{u}{6}$ 求：x，y，z，u，當時無能解決者，惟闢氏則一一皆有答案：(1)　$(\frac{41}{12})^2+5=a^2$，$(\frac{41}{12})^2-5=b^2$ $(2{\cdot}1\ 22^{I}\ 7^{II}\ 42^{III}\ 33^{IV}\ 4^{V}\ 40^{VI}$

此爲六十進位法，今數即 1.3688081075 (3)u=47 x =33 y=13 z=1 自是而後，擊響愈著。

二、樂哲培根(Roger Bacon 1214—1294?)

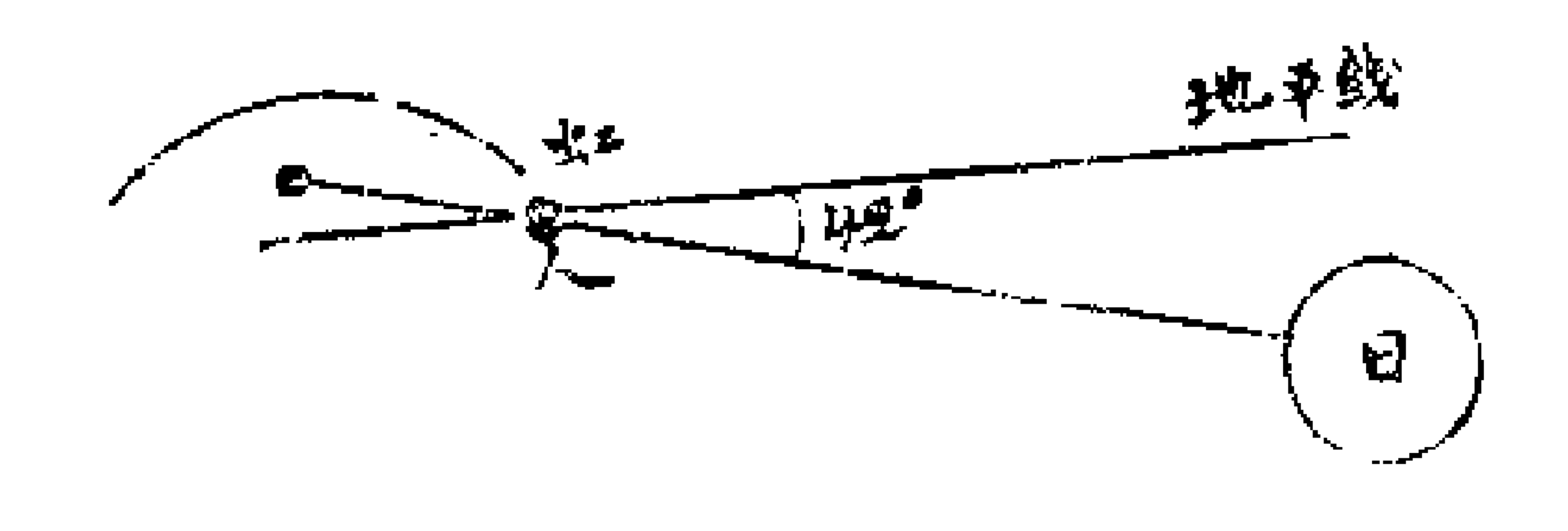
樂哲培根英之衣爾卡士 (Ilchester)人，羅馬教徒也。幼年留學法國巴黎大學，得神學博士學位。後回倫敦，當牛津大學教授。氏勤於試驗，每遇問題，輒竭精殫力，營營試驗室中不遑寧處，人見其態度離奇，有類玩弄幻術之巫人，一二五七年，乃褫其職。一二六〇年羅馬法皇克里門四世 (Clement IV) 命著書，乃成三集：1. Opus Majus 2. Opus Minus 3. Opus Tertium。迨一二六八年，復回牛津，更著述數書，但故態依然，人尙以爲怪，故陷之入獄。一二九三年釋放，不久病歿。然氏雖不得志於當時，而後之硏究科學者，則莫不引爲知己，尊爲先輩也。

培氏實爲提倡實驗主義(Experimentalism)最先之一人，嘗謂：學問之道，不外1實驗2.辯論 (Argument)。然辯論祗能使人順從吾言，不若實驗之更能使人愜心當意；且辯論往往選體爲談，不若實驗之能得確實的經

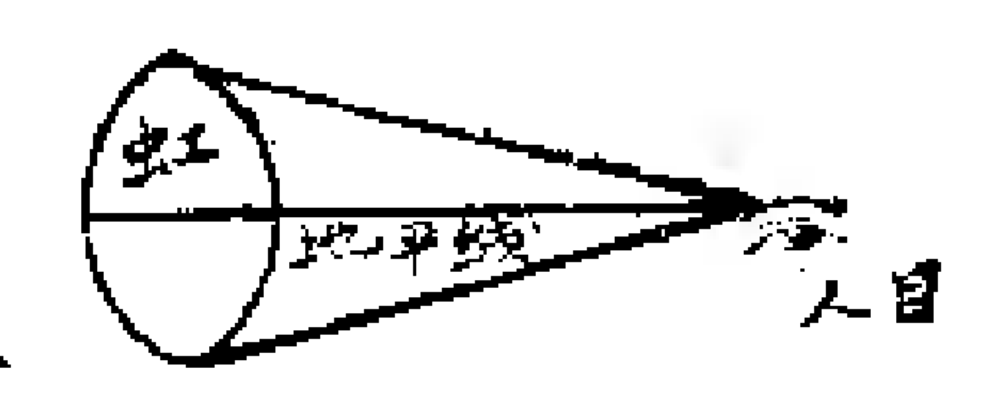
驗。譬如赤道間之人民，從不知雪爲何物，若與之言雪之形狀，如鹽，如糖，如柳絮，彼雖頷首，亦不過有一種想像的相信而已；及其親至寒冱之地，見六出奇形，則雪之爲雪，始有眞正的觀念也。又如講火之性質，猛烈不可近，若未親自經歷，雖終日喋喋，亦莫明其究竟；及觸火被炙，感受痛苦，則火之性質，印象於腦海者深矣。由此可知欲求眞理，辯論萬不及實驗也。氏又謂：既由實驗而得經驗(experience)，便可推理(inference)，既推理則可得結論(Conclusion)，然結論既得，更須經驗以爲證實(verification)，其結論方爲正確。故經驗有兩種作用：1.施於未知者(推理)，2.施於推理所得之結論者(證實)，而後一種於學理上尤爲緊要。茲舉例明之：如知水中稱物，因浮力作用，故較輕；則可推知空中稱物，必較重，眞空中稱物，則重更加。於此可得水中稱物輕空中稱物重之結論矣；然必多試驗，得確實的經驗以證實之，不然，恐所得結論有時不可靠也。氏又謂：世人常言羊血可以破石，熱水較易結冰，（我國厨司，嚴冬之際，每以豆腐置開水中，使成凍豆腐，）此只須實地試驗

以證明之，無庸費其爭辯。故氏所著書，言試驗之事，幾占其半。

氏於物理學，甚有貢獻，其書中有一段「說虹」，理頗透切，茲略述之。上古之人，以虹爲奇異之物，（如「虹」字及詩經所謂「蝃蝀」，均從蟲旁，蓋異之也，）災禍之徵，（如荊軻刺秦王時所謂白虹貫日，）微分中外，同此心理。氏則獨以爲此乃宇宙間之一種自然現象，並舉相似之現象以證實之，謂以結晶體透過日光，可得同樣現象；行船時所淹之水浪，日光照之，亦可見虹；又水車上所轉之水，有時亦能見虹等等。此種同類比推之方法，在科學上，非常重要。相傳有一少年，持金屬一片，藥水一杯，詣英物理學大家法勒第（Faraday）之前，謂：「余有一異事告爾，將此金屬置入藥水內，立刻鎔斷，未審何故？」法氏親自試驗，果如其言。因問有無與此相同之



事實？少年答無，法氏亦不解其理。此蓋一種單獨之現象，非尋取多種類似之現象，決不易證明其所以也。氏嘗自問：太陽在東西時，均能見虹，及昇至中天則否，是爲何故？則謂：太陽與地平線成一定之角度 42°，始能見虹，過大過小，均所不能。又問何以不能見虹之全圓？則謂：吾人視線成喇叭形，虹半在地平線上，半在地平線下，故祇能見其地平線上之半圓也。



氏分光之現象爲三種：1. 射入(Incident)，2. 反射，3. 屈折。謂日西則虹東，日東則虹西，其理當然非由日光直接射入吾人之眼簾，實半由反射半由屈折所致。至虹之所以有顏色者，因天空中之雨點，經過日光之反射及屈折而成(此理至牛頓解釋極明)。又虹只能見其邊緣而不見其中部者，則因其中部不能反射光線故也。

三、但丁(Dante Alighieri 1265—1321)

但丁意大利之大詩家，人文主義(Humanism)之鼻祖也，生於佛洛蘭市。幼年，受業於當時大哲學家兼大修詞學家拉丁尼(Lantini)之門，傳習羅馬著名詩歌，及

哲學歷史神學諸科。壯年戎服從軍，參與加伯提之戰。三十一而娶。中年，活動於政治界，參贊佛洛蘭共和國之樞機。晚年，爲教權黨所攻擊，慘遭流刑，萍踪飄蕩，竄謫窮愁，至一三二一年而歿。其空前絕後之傑作，曰神曲(Divine Comedy)，爲文藝復興運動之先驅。氏於天文學，亦頗有研究，謂地球上之原質，可分地水氣火四大類，天有九重，其上爲天堂 (Paradise) 次爲淨界(Purgatory) 最下爲地獄 (Inferno)；故其長歌，始遊地獄，繼入淨界，終登天堂。然此完全屬於宗教的觀念，荒唐無稽；而以其詩之勢力宏大，甫脫草稿，騰誦國中，影響於一般人之思想者甚鉅，故不特於天文學上，無所貢獻，而結果所至，反適足以阻止其進步也。

四、范蘭亭(Valentine)

范蘭亭者，十五世紀後半葉之化學家也，其事實不詳。氏以化學功用，在於製藥，療治疾病，往昔長生致富之觀念，完全改變；蓋已由鍊金時期進而爲製藥時期矣。氏由實地試驗所發明之化合物甚多：(1)銻 anti-mony——anti反對之義，mony 即猴，意謂毒猴之藥也。氏

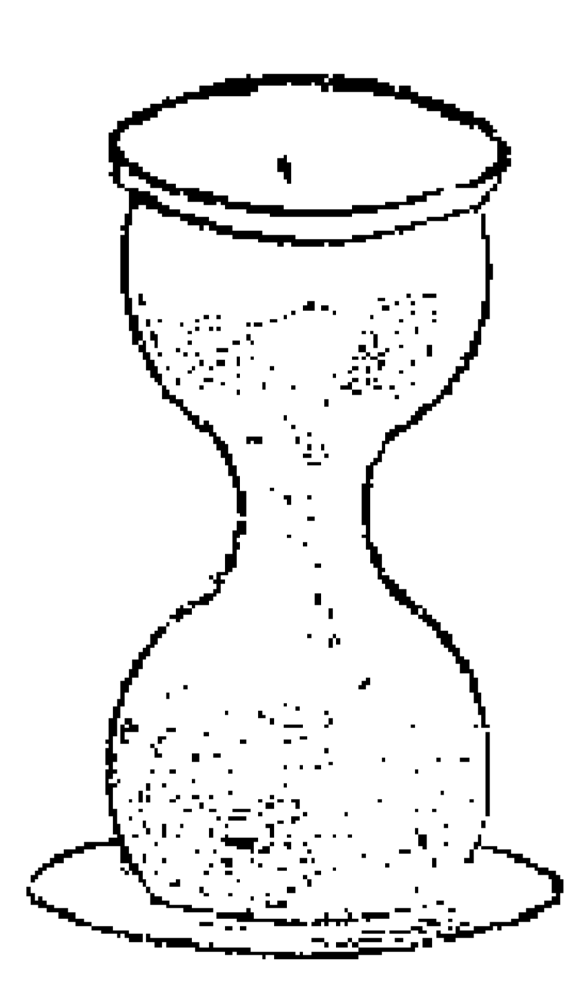
用之以治病，謂性質雖毒，用之少許，却有益而無害。(2)鹽酸——由鹽與硫酸化合而成，與吉豈製法不同。氏又以鹽之爲物，有殺菌防腐之功用，且雖燃燒，不易溶解，因謂：世界上有三種原質，曰硫黃，曰汞，曰鹽。硫黃代表一切能燃燒變化之物，汞代表一切有光澤能流動之物，鹽代表一切堅定不變之物，舉大千中所有之物之屬性，均不出此三種範圍而外。故此三種原質，與希臘所謂氣火水土四原說，其意義迥然各異也。

第四節　物質上之進步

一、指南針(Mariner's Compass)——定方向之物，初自阿拉伯傳至歐洲，法以磁石置木塞上，放入水中，靜止時，則一端指南，一端指北，因藉以定方向焉。但此只可在大陸之平靜處用之，若航行洋海，則波濤洶湧，殊不便利。至一一九〇年，冈有指南針之發明；其法，置磁針於一支點上，使之四周可以旋轉自由，無論何處，皆能適用。西班牙與葡萄牙人最先得各處沿海之商埠者，職此物發明之賜耳。

二、時計(Clock)——從前紀時之法有二：曰滴漏，

盛水於壺，下開小孔，而計其滴盡時間之久暫。曰計沙，以狀如葫蘆之瓶（如圖），中空而置沙，中部有甚微細之隙，沙在上部，則徐徐下溜，而計其溜完時間之長短。然不便當，且欠準確。是時乃有齒輪之發明，輪上懸掛重物，使之



旋轉，以計算時刻，此利用地心吸力之理，較之疇昔，進步多多矣。至十六世紀時，加里雷倭發明擺鍾，更繼之以何袞根之功，遂有今日所用之時計產生焉。

三、印刷(Printing)——在昔書籍，多屬鈔錄，（我國宋代以前亦然）或以筆刻於木石之上，價値昂貴，貧士不易購讀。至一四四五年，德人辜典堡(Johann Gut-enberg)發明木製之活字板，一四五〇年弗烏斯特(Fau-st)攝富爾(Schoeffer)二人又發明金屬製之活字版，而是時用樹皮麻布造紙之法，亦經發明，於是印刷事業，極爲昌盛，書籍傳播，易而且速。一四七〇至一五〇〇年之間，歐洲出版圖書，達萬有餘部，職此之由也。

第五節　文藝復興之歷略

中古時代與近世時代之蛻分，爲十三至十六世紀間，歐洲諸民族之文藝復興運動(Renaissance, or The Revial of Learaing)。發軔於意大利，蔓延於英法，而波及於日耳曼。其範圍甚廣，有美術上之文藝復興，有思想上之文藝復興，有文學上之文藝復興。前者，卽中世紀之美術，受希羅藝術的影響，而進步大彰。後者，卽恢復往日希羅之學術，如彼脫拉(Petrach 1304-1374)搜收古集，註釋古文，並言拉丁文應爲生民通用之世界語；樸加徹(Boccace 1313-1375)則謂詩才美術，當以希羅爲宗。至思想上之文藝復興，卽人類自覺之謂；中世紀教權橫大，一舉一動，均必就宗教軌範，人之耳目心思，蔽錮殆盡，至是始恍然憬然，知所謂「世界，」知所謂「人生。」但同是文藝復興運動，在南歐爲文藝復興，在北歐爲宗教改革，其精神雖同，其目的則異也。然文藝復興之機運，緣何種原因而啟發促進乎？繁頤複雜，不勝枚舉，約而言之：一爲十字軍東征之結果；十字軍東征後，民智大開，學風丕振，各國設立大學，極波起雲湧之觀。一爲衞道主義者之影響，彼輩漸次脫離於教權的勢力，

而更事一種維新的研究，眼光見解，迥異乎前。一爲宗教之腐敗；當時教皇，驕奢淫佚，作奸犯科；甚至發賣赦罪符，以斂貲財，賄賂公行，教門若市，遂引起宗教之根本上的懷疑。一爲人文主義學者之運動；是輩學者，無論對於文學美術哲學科學，咸排斥宗教的勢力，而以古代所有之合理的自由的思想爲依歸。他如活字版及造紙術之發明，新大陸之發見，航海術之開明，封建制度之衰歇，亦皆足以啟發或促進文藝復興之機運者也。

第六章　十六世紀之科學

第一節　新世界之發見(Discovery of the New World)

自一〇九七年十字軍興後，歐人對於東方地理上之觀念，逐漸萌芽。一二七一年(宋度宗咸淳七年)，意大利人馬哥孛羅(Marco Polo 1336?–1384?)者，出鄉里威尼斯(Venice)，遵陸而至蒙古，受元世祖忽必烈厚遇，仕元垂廿年。遊歷中土甚廣，後於海路經印度波斯而歸。著東方見聞記，盛稱卡太(Cathay北中國)蠻及(Mangi南中國)及日本之繁盛富庶；從此，歐人遠征之雄心，遂大興奮。

意大利人哥倫布(Columbus1415–1506)深信地圓之說，千辛萬苦，得西班牙王佛迪蘭德五世(Ferdinand V)及其后意薩伯拉(Isabella)之贊助，艤艦三艘，向西航行，凡歷四次，最初一次，於一四九二年(明孝宗弘治五年)，遂探獲新大陸。是後南美，北美，俱有至者。向日知有東方，今則更知有西方矣。

葡萄牙王亨利 (Henry) 自一四一五年以來，頒擲國帑，奬勵航海事業。一四四五年迪尼的亞士 (Diniz Diaz) 至非洲西岸之夸波佛爾德(Cabo Verde)，見草木繁殖，人畜棲息；南方酷熱，生物枯死之妄說，於焉破除。厥後，節哇二世(Joao II)繼亨利之志，益廣舉遠航，巴脫羅的亞士 (Bartolomeo Diaz) 迂迴好望角 (The Cape of Good Hope)。至一四九八年，尾斯哥達加馬 (Vo scode Gama) 遂繞亞非利加而東至印度，發見印度新航路。先是葡人欲至波印，必取道紅海，而該地爲土耳其人所扼據，備受困難。及此路既通，商舶往來，極其便利矣。

一五一九至一五二一年，葡人麥哲倫 (Magellan 1470-1521) 由西班牙向西南航行，至南美南端(即麥哲倫海峽)，再向北，經太平洋，至拉德隆島 (Ladrone Island) 不幸爲土人刺害。同行者，再引船前進，經好望角而回歐洲。前後三閱寒暑，繞地球一週之偉功，於以告成；而地圓之說，遂得顛撲不破之鐵證焉。

自是以還，東西南北，四通八達，歐人思想觀念，煥

然丕變；非復如往日之僅僅注射目光於歐土者矣。

第二節　近世天文學之起源

一、歌白尼(Nicolaus C pernicus 1473–154)

歌白尼生於梭恩(Thorn)城，其地介於普魯士與波蘭之間，故有謂其爲德人者，有謂其爲波人者。父早卒，養於叔父華奏羅(Lucas Watzerode)家，叔父僧正也，故亦責望歌氏將來從事宗教事業。年十七，入克拉考(Cracow)大學，研究神學，維時，氏已甚感天文與數學之趣味，復得教授柏魯哲福斯奇(Albert Brudzewski)之循循善誘，獲益良多。二十三歲，赴意大利波隆亞大學，聆天文教授儒華拉(Dominico Maria Novarra)之講論；旣而復往包達(Pauda)，治天文數學，兼習醫，一四九九得博士學位。明年，入羅馬，研究數學，聲名漸震。未幾，奉叔父命，歸爲佛蘭堡(Franenbury)牧師；後復移居海耳堡(Heilbury)，與叔父同處，在此數年，對於天文學之新觀念，漸漸成立。一五一二年叔父歿，乃復歸佛蘭堡，遂終隱於此焉。氏最後三十一年之生活，除爲牧師外，兼爲友人視疾，至天文學，則孳孳不輟，廣績究擧，遂日益

精進。所著天體運行之道路(De Revolutionibus Orbium Celestium)一書，爲其畢生心血之結晶。但氏因：1. 不喜名利，2. 自認新學說，尚未十分完備，3. 明知新舊枘鑿，嘵嘵爭辯者必衆；故遲遲不肯刊布。至晚年，因四方友朋之敦促，始付剞劂；但是時，氏已患白痢，及印成之頃，左右携至榻前，氏以手撫之，旋遂溘然長逝，時一五四三年五月二十四日也。卒後，葬佛蘭堡，一五八一年波蘭敎王克郎麟(Cromer)表其墓，一八三〇年桑沃爾德(Thorwaldsen)爲氏鑄像，列華森(Warsan)宮中，一八五三年荻克(Tieck)復於梭恩爲氏立紀念碑焉。

歌氏天文學說，悉包涵於天體運行之道路一書中，茲略述其梗概：

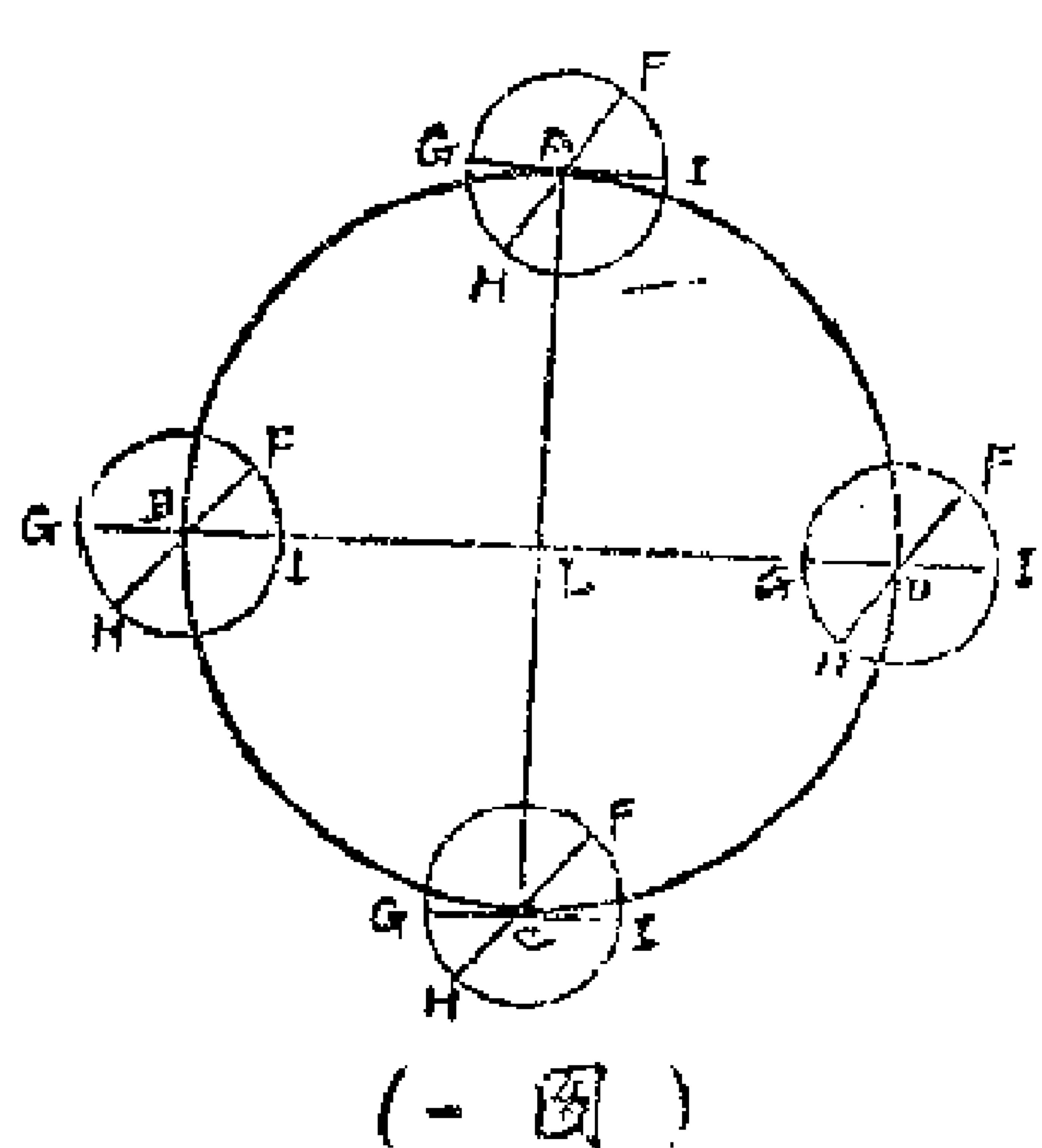
(甲)天文學說之三假定　歌氏於天文學之討論，會先立三條假定：1. 宇宙爲球體；2. 地球爲球體；3. 行星運行，爲不變速度之圓運動，或此種運動配合所成。當時新大陸旣經發見，第二條已不成問題，惟第一第三兩條，尙不能有確實之證據耳。

(乙)相對運動說　何謂相對運動？(The Relative

Motion)氏嘗曰：『凡覺物質位置之變遷，皆運動之結果，此種運動，或屬於觀察者之自身，或屬於所觀察之物體，或由兩者發生不同樣之運動；如絕對相同，則其間之相對的關係，毫無差異，雙方皆不覺有何種之運動也。』譬如有甲乙二舟於此，從甲舟望乙舟，或從乙舟望甲舟，均覺發生運動者，不外五種原因：一、甲向右行，乙不動；二、甲不動，乙向左行；三、甲向右行，乙向左行；四、甲乙同向左行，甲緩而乙速；五、甲乙同向右行，甲速而乙緩。若甲乙以等速度而同方向進行，則兩舟互望，皆與靜止時之狀態無殊矣。故所謂相對運動者，即甲物望見乙物之運動，其原因，或由於甲物自己之運動，或由於乙物之實在運動，或由於兩者俱動，而有遲速或方向之差異；兩方有相對的關係，不能就感官所及，貿然斷定何者動而何者靜也。氏之天文學說，均依相對運動的觀念為根據。

（丙）地球之運動　氏既發明相對運動之理，乃進而論地球之運動。照妥勒梅之假定，天體旋繞地球一周，歷二十四小時，仍還原處；但氏甚懷疑念，以為龐偉

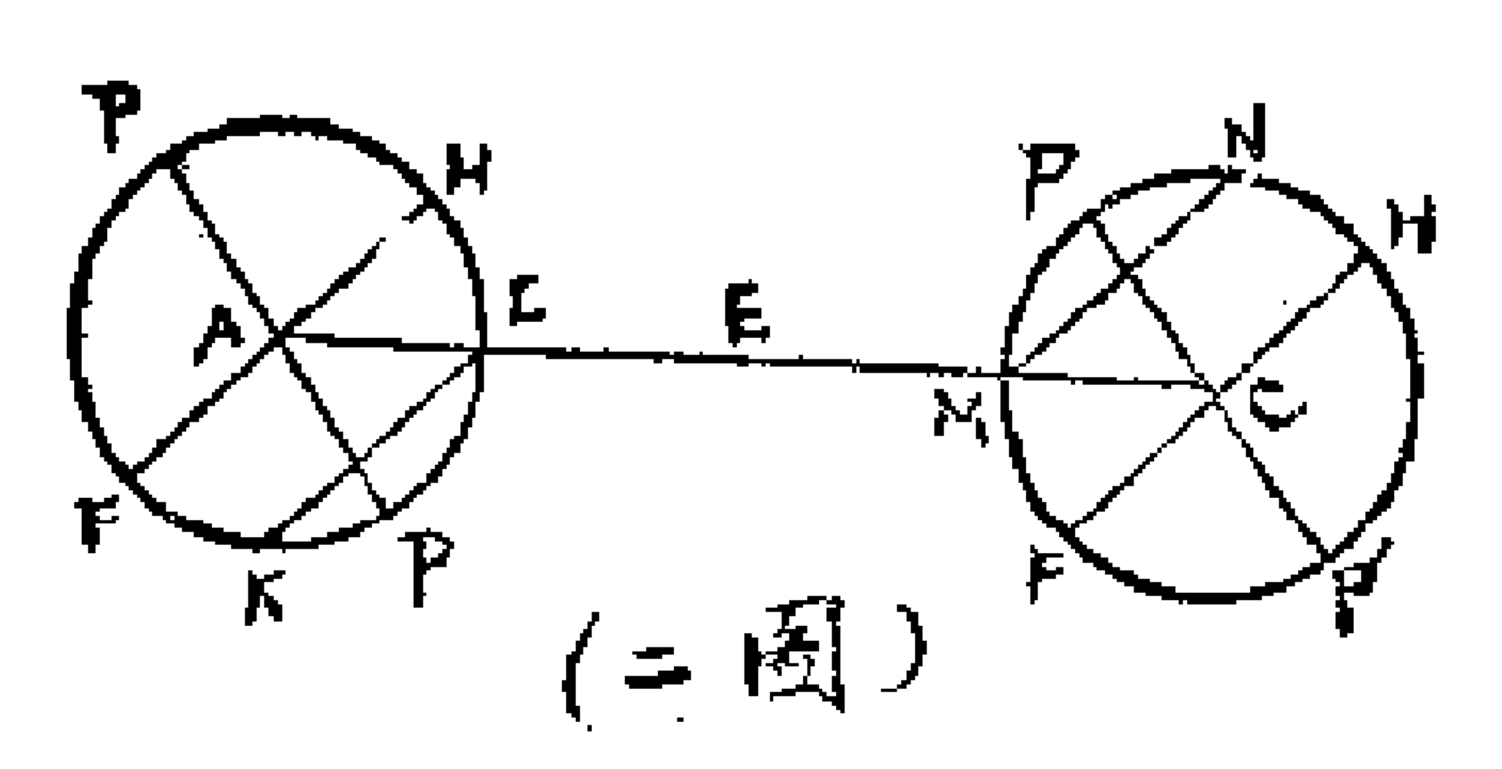
浩渺不可端倪之天體，於短少之時間內，旋繞地球一周，殊令人滋惑；且如此運動，各種星辰之運行，必取同一之速率，事實上亦在所難能。又安勒梅曾假定各種星辰，皆附着於固體的天空之表面；氏則謂，天空渾沌，氣所積成，無有物質之存在；且信如其言，則各種星辰，其去地球必爲同樣之距離，亦斷無可取信之物理的理由存在也。因是：本其相對運動之理，及讀畢薩哥拉士學派之天文學所得之觀念，創立『地動說』，謂地球每日繞其軸自轉一次，每年繞太陽公轉一週。震古爍今不可磨滅之新天文學，遂於此時開其紀元矣。



(一 圖)

(丁)四季之區分　氏以地球公轉之說，解釋四季之區分，理甚明顯，如圖一，

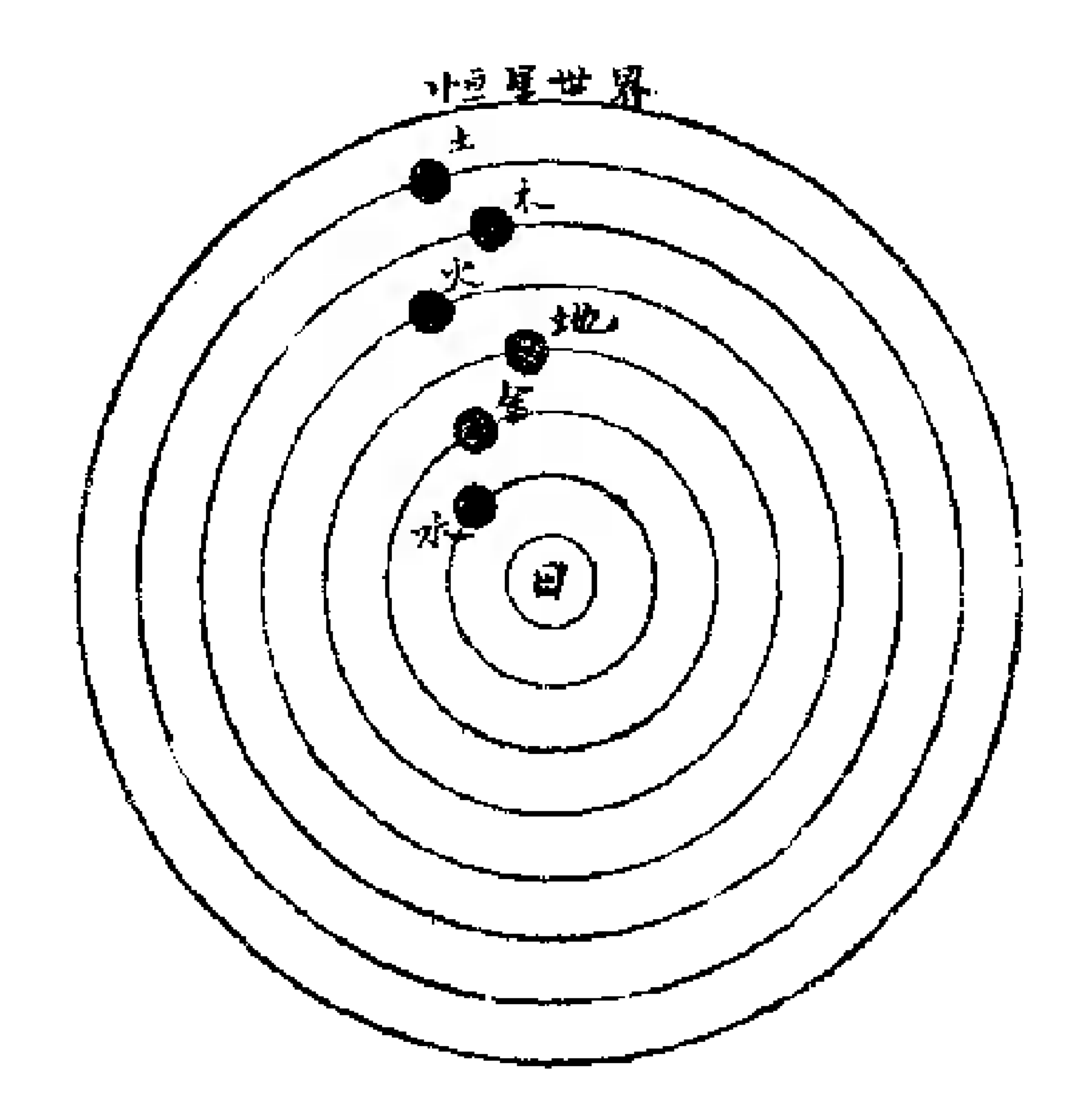
A，B，C，D，代表地球在四地之中心，A點約當十二月廿三日，B點約當三月廿一日，C點約當六月廿二日，D點約當九月廿二日，即各季之起初一日。FHGI爲地球之赤道，與地球中軸成垂直，但不在黃道平面之上，而偏成$23\frac{1}{2}$度之角。故F當視爲在紙平面以下，而H則當視爲紙平面以上，赤道沿GI而分割黃道。當地球中心在



A點時，北極與日相背，故其地僅小半日見日光，南半球則大半日可見日光，其KL線(圖二)以下之地，則全日見日光焉。閱三月後，當地球中心達於B點時，日光射於赤道平面之中，地球兩極，既不向日，亦不背日，不過在其偏旁而已，蓋此時地球上之晝夜，其長短悉平均也。再閱三月，地球中心達於C點，日光射於赤道平面之上，北半球大半日可見日光，南半球小半日可見日光，MN線(圖二)以下之地，則廿四小時以內咸見日光焉。及地球中心轉至D點時，則日光復射於赤道之平面

上，而地球上之晝夜，又搋有長短之分矣。

(戊)太陽系之排列　氏謂地球爲繞日六大行星之一，此六大行星在太陽系中之排列，爲：1.水星，2.金星，3.地球4.火星5.木星6.土星(如圖)。水星距日最近，軌

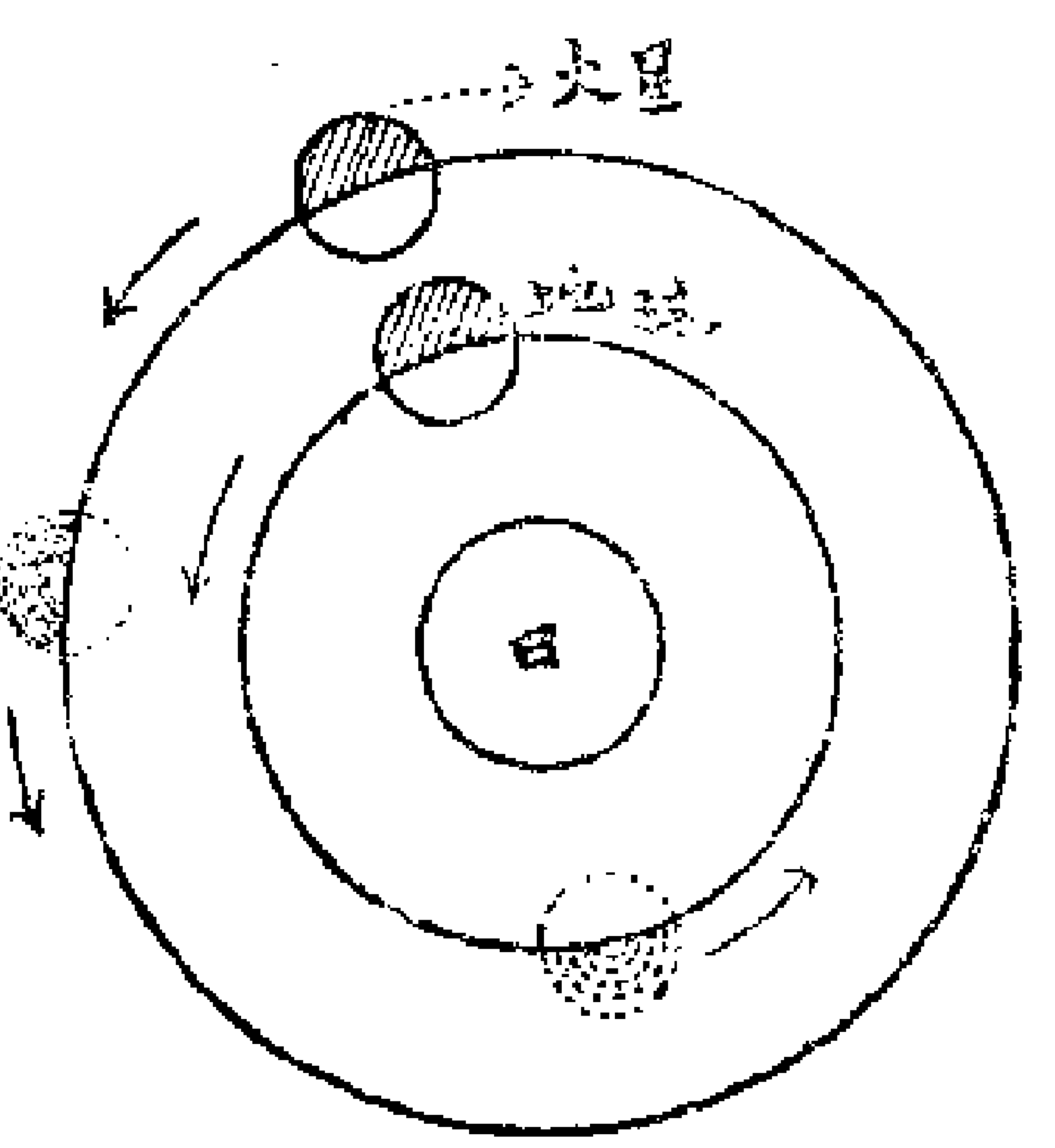


道亦最小，八十八日便可繞日一周，土星距日最遠，軌道亦最大，約須三十年，始可繞日一周焉。

在氏所定之太陽系(Copernicus System)中，月球

仍為繞地球而行之一衞星，此蓋古昔系統未更改之一點也。

(己)行星逆行之解釋　行星逆行之現象，氏以地球與其餘行星均繞日而行之說解釋之，理由亦甚充分。如自地球上望火星，通常見其由西向東而行，但有時前進，有時逆行。然其所以如此者，因：火星與地球，本同方向繞日而行，而地球行速，火星行緩，故吾人覺火星自西向東而前進也（如圖虛線所示)。惟地球距火星過遠，則因其同為圓形運動，兩者運動之方向，必有時似適相反(如圖虛箭所示)；故吾人乃覺火星之逆行焉。



(庚)歲差之解釋　氏定每年平均之歲差為50".2，

至歲差之發生，則謂由地軸常有一遲緩的圓錐形之運動，偏而不正，欲復其原來之位置，需時二六〇〇〇年；因每年差50".2，經二六〇〇〇年後，適爲三百六十度也。

歌氏學說，上闢前人謬誤之觀念，下開後世新天文學之始基，貢獻於天文學者，至大且鉅。而此後歐人之思想信念，根本改變，研究各種科學者，絡繹興起，胥受氏之影響與導引也。說者謂，近世科學精神，起於一五四三刊布天體運行之道路之一年，足云數典而知祖矣。惟在當時宗教觀念牢不可破之際，以驚世駭俗之「日中說」「地動說」，而並無若何劇烈之反動，此何故耶？蓋因：(一)歌氏深沉靜默，不喜與人爭辯，故嫉妒之者少。(二)歌氏敝屣名利，窮數十寒暑，專心撰著，再四修改，不肯輕將其學說，刊以問世。(三)書甫印成，氏已逝世，原諒死者，人之常情。(四)書之內容，文理高深，非一般人所能了解。(五)爲之作序者，謂此不過幾何學理而已，(原非歌氏本旨)標出一種暗示，故其書出後，舉世咸冷淡視之，不以爲奇焉。

二、泰軻柏拉(Tycho Brahe 1546-1601)

泰軻柏拉丹麥貴族之子弟也。幼養於叔父家，頗獲其鍾愛。年十三，入軻本海根大學，性喜天文，嘗見曆書預載某日「日蝕」，屆期果然，氏甚奇之，欲窮究其理，乃購置妥勒梅所著天文學，潛心研究。此書現尚存渤勒格大學(Prague University)之圖書館中，以曾經氏所圈點，人咸珍寶之，其叔父遣之進軻校者，原欲其研究文學修辭學政治學之類，以弘家業，今見其專攻天文，舍置一切，頗不以爲然；乃轉送之肄業德國來比錫大學(Leipzing University)，並使人偕往督促之。但氏既抵該處後，研究天文學之熱心，仍不減疇昔；每有金，輒搜買是類書籍；暇則獨持儀器，四出觀象；偕往者，雖屢勸阻之，亦末如之何也。年十九，叔父逝世，乃遊歷各國，至德之洛史鐸(Rostock)大學，專心攻治天文；蓋是後任意所如，無所顧忌矣。氏預算一五六六年十月廿八日「月蝕」，廣布各處，並言是日土耳其王必死，屆期果驗，人皆推之爲神人焉。但後數日，方傳土王之卒，爲期稍早，於是友朋復嘲笑之；然氏弗計也。

一五七二年十一月，氏在奧斯士堡(Augsburg)，見仙后星(Cassiopiea)之旁，有一新星，甚爲詫異，引衆觀之 自亞里士多德以來，人皆相信天體爲物，常住不變，完善無比；今與事實不符，故氏乃起疑念，知所謂不變，所謂完善，均屬讕言。是後興趣盎然，終身研究天文之志遂決；故人謂泰軻柏拉發見「新星」，「新星」亦發見泰軻柏拉，洵有味乎其言之也。爾後，聲名大噪，各國爭欲羅致之。而丹王佛勒兜律第二(FrederickII)，以井渫不食，爲我心惻，楚材楚用，分所宜然，乃多方召歸，厚禮款待；更畀以黑芬(Hveen)海島，爲研究之場所。氏既得黑芬，大興土木，建築天文臺(Uraniborg)，巍峩壯麗，與之與京，是爲歐洲天文臺之濫觴。並製有許多觀象儀器，減列其中。氏居此凡廿餘稔，日從事天象之觀察與記載，有功於後來之研究天文者甚大。惟氏見解，不脫迷信，其預言土王之死，可概見也。又氏謂：「天體繞地球，而行星繞日」，與歌白尼之說，不甚符合；蓋氏所主張者，調和而已。

佛勒兜律第二卒，新王繼位，對於氏漫不信仰，昔

所規定每年撥予之款，悉數撤銷。氏遂去而之波希米亞(Bohemia)，波王路多夫，(Rudolph)頗厚遇之，使在渤勒格地方，築天文台，繼續研究。第無甚功績可述，至一六〇一年而歿；所可幸者，即於此地引起一光大其業者之開卜勒耳。

三、開卜勒(Johan Kepler 1571-1630)

開卜勒德國人，一五七一年十二月廿七日生於答克(Dachy)城。家本貴族，至父時中落。氏體質尫弱，幼時患痘，幾瀕於危。一五八四年以公費肄業於亞德爾堡(Adelberg)學校，二年後，入馬爾勃朗(Maulbrom)之寺院專門學校。一五八八年得學士學位，乃入迪本根(Tübingen)大學研究神學及天文學；因受友朋之致勸，於後者尤為注意。一五九一年卒業，得碩士學位。越三年，迪校牧師，薦氏充任格拉茲(Gratz)中學數學教席但學生於高等數學知識，無甚需要，初聽者不過數人，一年後則竟無之，校中因使之改授他種科目，並編造時憲通書。氏則利用暇晷，深究天文學；一五九六年，著一書名宇宙之秘 (Torrunner of Dissertation on the Universe,

Containing the Mystery of the Universe)。然氏爲馬丁路德所創之新教之信徒也，當時社會反對新教，頗爲劇烈，故一五九八年，遂解職焉。

時泰輌柏拉在渤勒格，氏與之通函討論天文者數次。一六〇一年泰氏因聘之爲數學助手，司計算之責；蓋於觀象，開不及泰之敏確，而於數學，則泰不及開之精深也。泰氏易簀時(一六〇二)，將其生平所記載之卷帙，悉以授氏；而路多夫王亦命氏繼承其位，但薪金則祗給半數。一六〇四年氏作光學在天文上之應用等論文，一六〇九年成火星運行紀(Commentaries on the Motion of Mars)一書。後路多夫讓位於馬梯列斯(Matthias)，氏雖倩人說項，得保原位；而俸銀積欠不發，至糊口無資。然其隱忍不去者，特眷戀渤拉格天文台中之儀器耳。一六一二年路多夫王卒，氏挈二子，退之臨滋(Linz)。於教授外，彙製憲書，售以贍生，此蓋萬弗得已而爲之者也。後數年，或返故鄉，或留意大利，風塵僕僕，艱苦備嘗；然於此時期中，却成三大製著作：一曰歌白尼天文學提要(An Epitome of the Copernican Astro-

nomy),一曰宇宙之和諧(The Harmony of the World),一曰彗星論(A treatise on Cemets)。

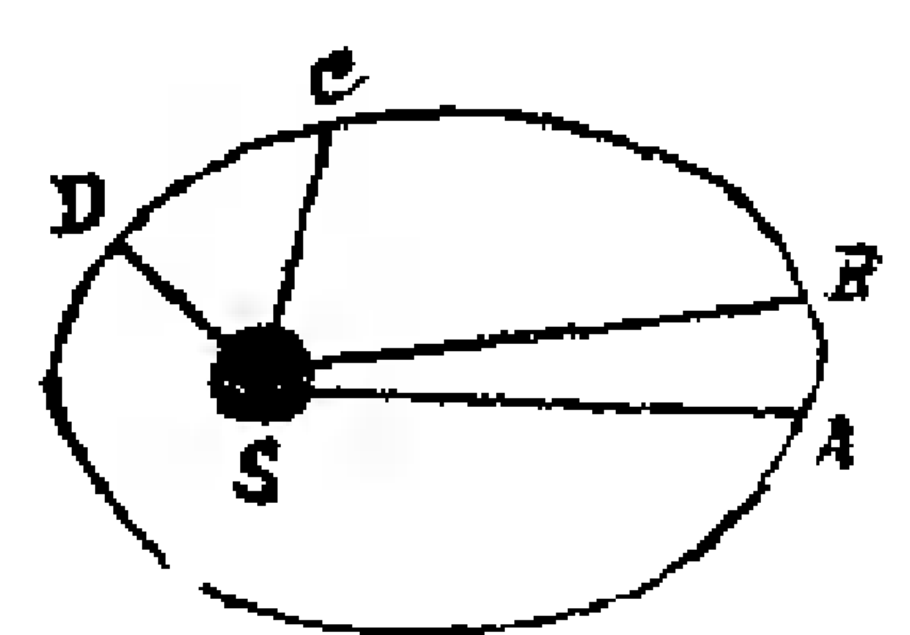
一六二六赴烏爾(Ulm)地方,翌年成其最後之鉅著路多芬表(Rudaphine Tables),其內容與我國欽天監之曆本相髣髴,蓋成泰軻柏拉未竟之志也。當時波希米亞國庫空虛,無力付梓,氏勉力自籌,並稍得威尼斯政府之資助,始得付印。一六三〇年欲往勃拉格追索欠薪,中途至勒根士堡(Regensburg),猝患熱疾,於十二月十五日逝世,時年五十有九也。葬於拉迪士邦(Ratisbong)之聖彼得教堂(St. Peter's Church)。

氏最有價值之發明,爲天體運行之三定律:

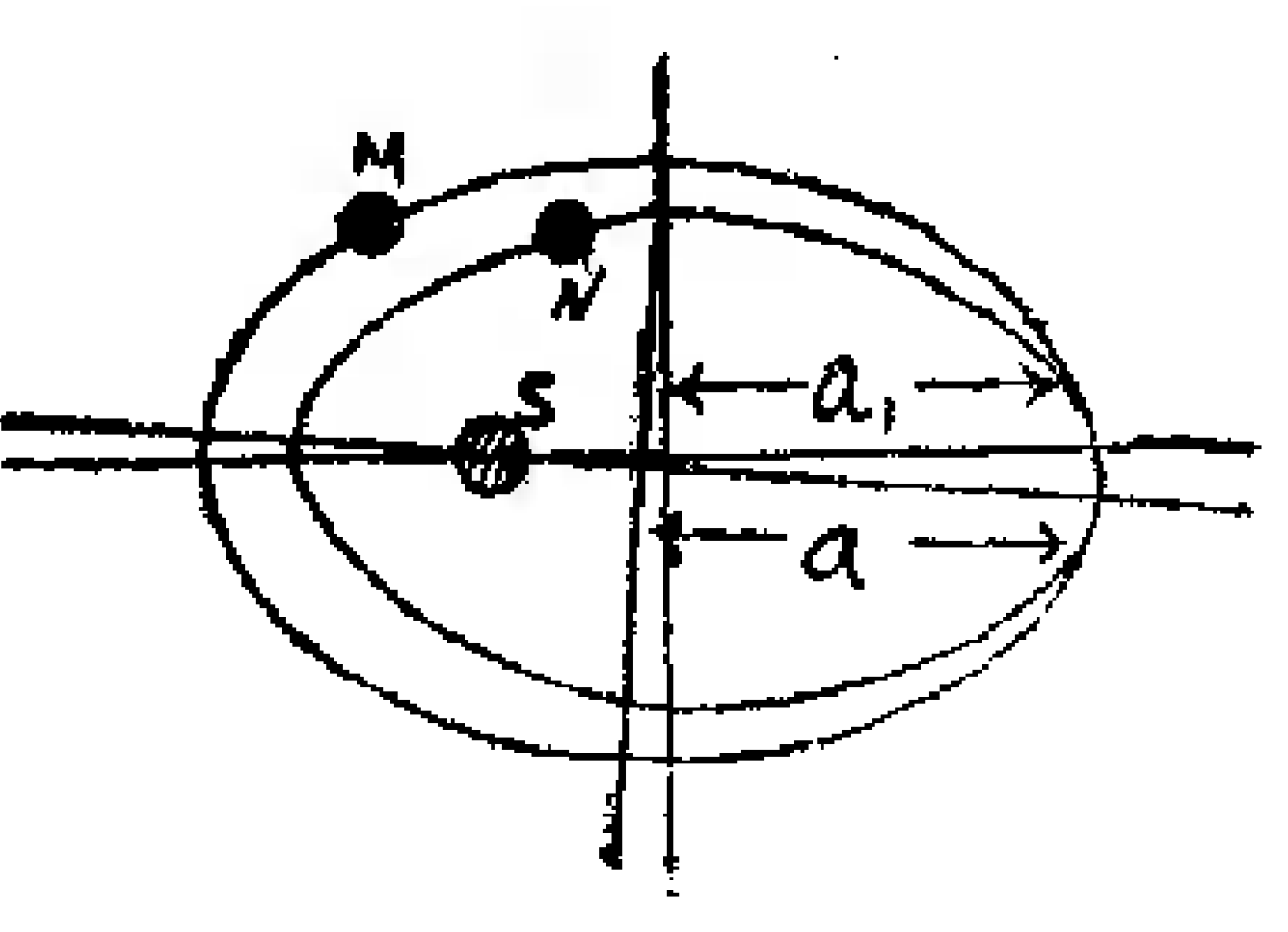
(1)行星繞日,遵橢圓軌道而行,而太陽居橢圓之一心。——氏根據泰軻柏拉之記載,及歌白尼之理論,計算圓的運動,於事實上,皆不符合。因自問:行星繞日,果遵圓軌而行乎?太陽果居於圓之中心乎?乃特別注意火星而研究之,以其運行頗速,有易於收集之資料也。後用種種之假定,均不得適當之解釋。最後,乃悟行星繞日之軌道,爲橢圓的,非正圓的,而太陽居橢圓之

一心。此理旣獲，行星繞日之現象，咸迎刃而解焉。

(2)一行星一時間所行之路，自路之兩端，作線至太陽所居之心，其所含之面積俱等。——氏謂行星以等面積速度繞日而行。如圖，行星由A至B所需之時間，等於由C至D所需之時間，即ASB面積等於CSD面積也。但CD之距離長，AB之距離短，於同一之時間內，而所行之距離有長短，則其速度，當然各異；故向來所持之等速運動說，遂從此打破。以上二律，載火星運行紀中，蓋以火星運行之記載爲根據者也。



(3)二行星繞日一週，所需時間之平方，與其軌道大徑之半之立方成正比例。——如圖，設行星M繞日一週所需之時間爲T，行星N所



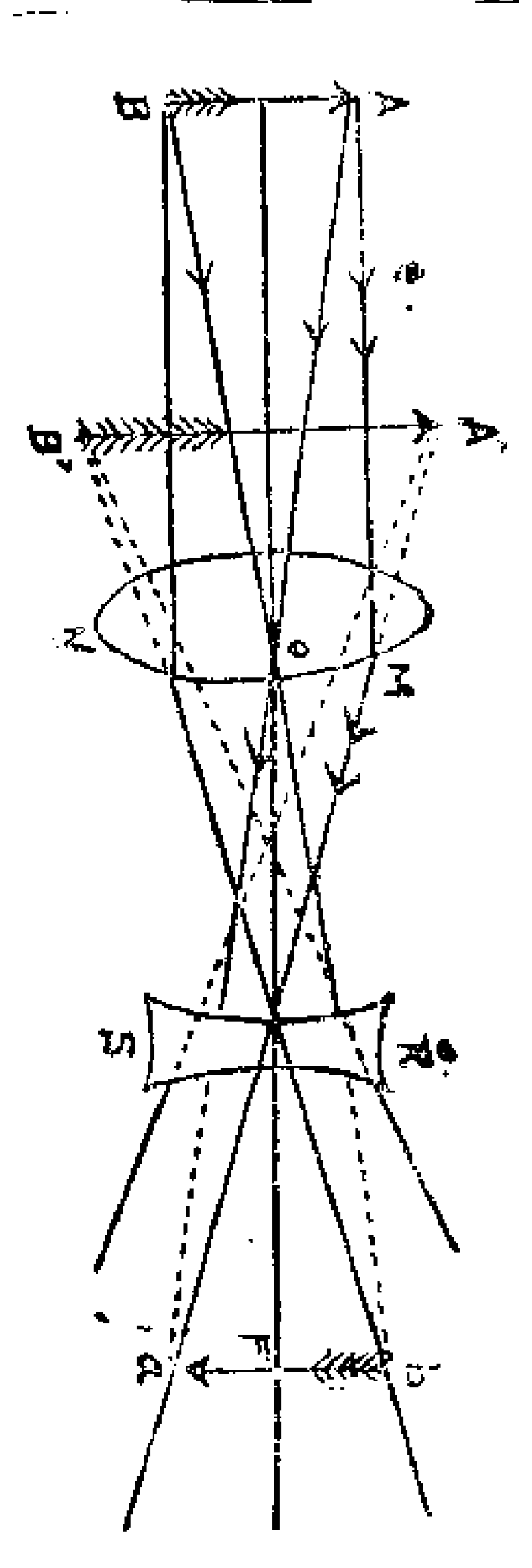
需之時間為 T_1，而M軌道大徑之半為 a，N為 a_1，則 $T^2:T_1^2=a^3:a_1^3$。此律載宇宙之和諧中。

四、加里雷倭(Galileo, or Galilei 1564-1642)

加里雷倭以一五六四年二月十五日，生於意大利之闢薩(Pisa)城。父名溫塞齊倭(Vincenzio),精算術，喜音樂；生三子四女，氏其長也。氏天資英敏，幼時常自出心裁，創製種種玩具。家故富，至父時衰落。父欲氏業估商，維持生計；先遣入教會所立之小學校，藉獲根本上之知識。氏既入學，吟詩弄樂，有乃父風度；文章典籍，悉潛心探討，且別有見地。父知其終非池中物，因命之入闢薩大學，專習醫；然氏性喜算術，於醫學無甚興趣。一五八二年夏，族中有老友李琦(Ostilio Ricci)者，當代算術家也，以避暑來闢薩，氏因私從之學幾何，而且瀏覽歐几里德及亞幾默德之作品。父知之，百計千方，促復習醫學，以成就其生平之所希冀者。然氏趣味既濃，志向堅決，無可阻撓，父不忍過拂，亦聽之；因此，氏遂精算術物理焉。

氏年二十六，受議會命，充闢薩大學教授。以年少

氣盛，觸忤權貴，任未滿而卸職，退居佛羅蘭故里。後勃玉亞(Padua)大學，慕氏盛名，聘爲教授，八年爲期；以成績卓著，期滿，續任六年。氏於天文學，深信歌白尼「太陽居中地球繞之而行」之說。當時有新星發現，氏數演講其來歷，謂：此星固在天空，祇以流行無定，距地又遠，故平常不覺其存在，現在行近地球，乃入吾人眼簾，過此而後，又不可見。然時人咸以亞里士多德「天體不變地球常靜」之言，爲顛撲不破之理；故一聞氏說，無不驚怪譁譟也。



一六〇九年，聞荷蘭人能以兩塊玻璃，合成一鏡，

使遠而小之物變爲近而大。氏心嚮往之，立刻仿造。鏡初成，能三倍遠影，位置不顚倒，較荷蘭人之所造者爲優。但氏不以是自足，更進而改良，放大至三十倍，此卽望遠鏡(telescope)之所由來也。其構造：係以一雙凸透鏡及一雙凹透鏡所製成。如圖，AB爲一物體，此物體由雙凸透鏡MN所成之像爲ab，而將一雙凹鏡RS置於MN鏡及ab像間，則光線之來自MN者，爲RS所屈折；以眼置RS之右方，則見A'B'直立之像，而且比原來AB物體爲大。

氏旣發明望遠鏡，當時人士，甚以爲奇；請氏至佛羅蘭海邊，測遠來船隻，於二三小時前，確能預先窺見。名人蒞場者甚夥，咸歎觀止。爾後，家仿戶造，以爲贈送之禮物。而氏則以之窺測天文，日夜不懈，因發現許多星宿及學理，茲分述之：

(1)月之眞象——氏以遠鏡觀察月球之表面，有明有暗；因云：月球有凹凸，與地球無殊，凸處爲崇山峻嶺，故明；凹處爲深壑大海，故暗(近世天文學家證明凹處並非海，乃乾涸之壑)；所謂天體渾圓，完善無缺者，

藍歇人之語耳。據渠測得月球上之山嶽，其高度達五英里或七英里者頗多云。

(2)木星四衛星——一六一〇年正月七日，氏用遠鏡，測得木星(Jupiter)之旁，有三小星，二東一西，同在一直線上；較同樣大之星，更爲灼燿，但未計其距離。八日再測，排次大異，三小星均在木星之西，距離約略相等。然何以有如是之變更耶？氏急候次夜再測，但雲霧迷蒙，弗克如願。十日再測，則止見兩小星，而皆在木星之東。八日木星由西而東，現在則又由東而西，此種現象，遂益迫氏熱心考究。十一日，其排列次序，與昨日相同，但較東之一星，比其他一星更大兩倍。十二日則見三小星，排次與最初所見者無異。因下斷語，謂繞木星而行者有三衛星(satellites)，與月之繞地球，同一理也。十三日，則更發見第四星，因合成四衛星焉。氏凡六次觀察，始得結論；茲將其歷次所見之現象，圖表之如下。

但氏說既出，攻擊之者，蠭擁而起。或謂：天有七大行星，已成定數，猶太及歐洲先哲，根據之以爲星期之日名；今乎添四星，則星期制度何以處之？或謂：吾人有

第一次（七日）

第二次（八日）

第三次（十日）

第四次（十一日）

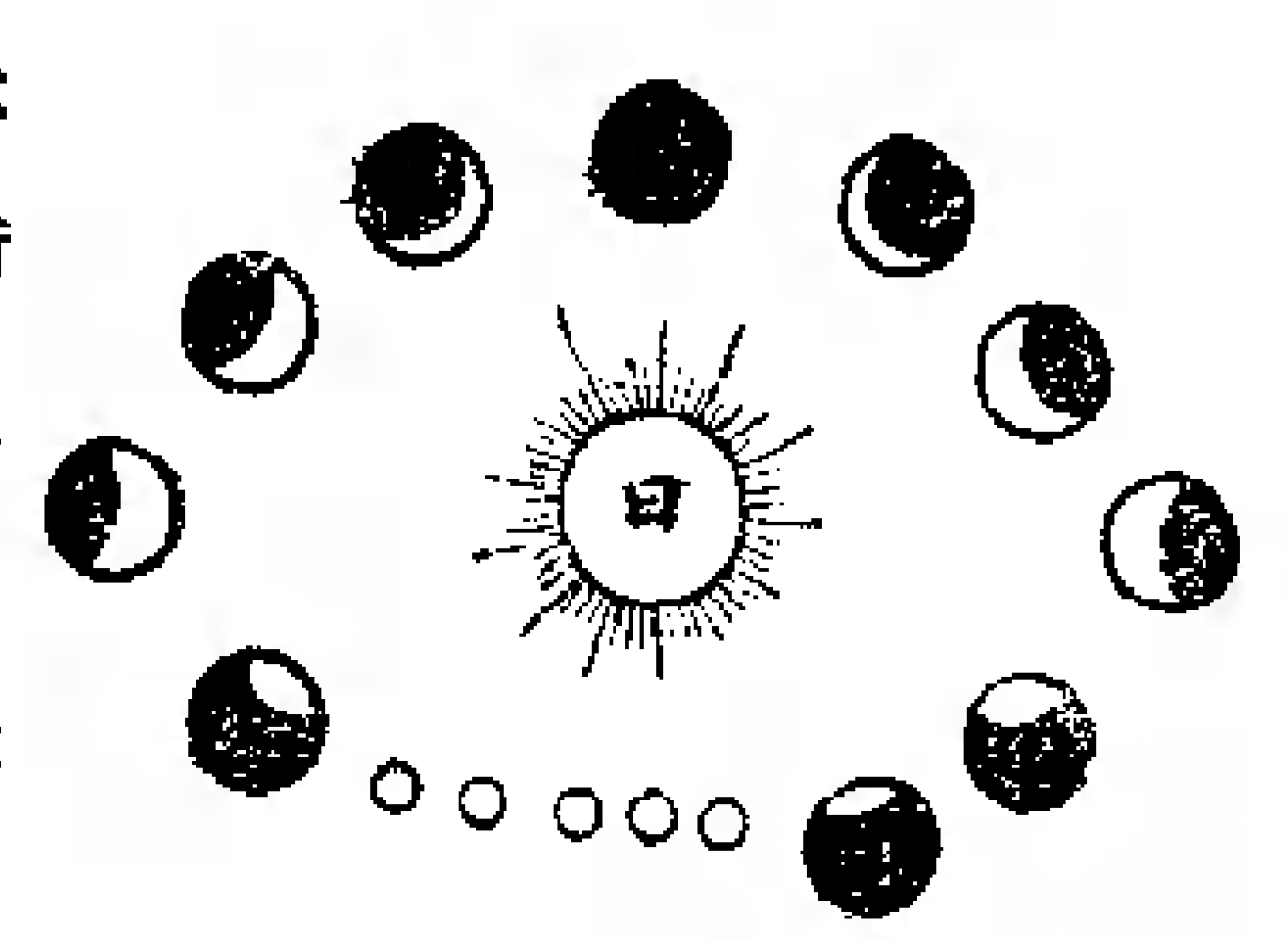
第五次（十二日）

第六次（十三日）

口耳眼鼻，合爲七竅，此小天地也，大天地亦當作如是觀，故天有七星，善星二，惡星二，發光星二，中立不定之水星一，七星之外，不應再有其他之星。或謂：金屬有七種，吾人定行星之數目，亦祗能有七也。或謂：木星之衛星，天際遠物，非肉眼所能窺測，則其於地球，當然無若何之影響與用途；旣爾，則又何貴乎有此妄誕之說？

最可笑者，即若輩咸信口雌黃，一味反對，不敢向遠鏡中，一驗氏言之畢竟爲虛爲實也！

(3)土星之衞星及金星面之盈虛——一六一〇年冬，氏又發現土星之旁，有兩衞星。復窺見金星面之或盈或虛，一若月球然（如圖）。昔者歌白尼預言，人類之目力，如能增進，必有見金星水星如見月之一日；至是，乃得眞實之證明焉。



(4)太陽之斑點——翌年，氏又發見太陽中之斑點，證明太陽並非晶瑩皓潔毫無瑕瑕之物。但時人以太陽爲神聖的，完美的，故於氏說，匪特不信，且加掊擊焉！

一六一五年，氏年已五十餘，龍鍾亦甚矣。教皇保羅第五(Paul V.)以氏：(1)信崇歌白尼之學說，謂日居中心，地球繞之而行；(2)教授許多門徒，以傳播其學說；

(3)曾爲文論太陽有斑點；(4)答辯根據聖經而反對之者，謂宗教與科學可合而爲一；特詔入羅馬京城鞫訊。氏携遠鏡與俱，並示諸教長以所發見之物，訊者語塞，弗之罪。一六三二年，保羅第五卒，歐班第八（Urban VIII）繼位，氏與渠有舊，往謁賀，待遇優渥；逗留京邸數日，與當代名輩縱談妥勒梅及歌白尼二家學說。返家後，錄述爲一書，顏曰，妥勒梅與歌白尼兩大宇宙論之談話（Dialogue on the Two Chief Systems of the World, the Ptolamaic and the Copernican.），蓋生平最得意之作也。出版後，教長大怒，立命氏入京待質，幽禁法庭。由教長議定罰章三條：(一)親草誓願書，矢此後不得再煽異說，以離叛聖經，苟違背者，願受任何之刑戮；(二)終身禁錮，不得自由；(三)每星期應虔誦七條悔過聖詩以自懺。氏年老氣衰，而威權所逼，無可如何，因勉強承認之。釋後，出語人曰：「余雖不再言地球能自動，然奈其能自動何？」

氏初禁於羅馬，繼遷至森拿（Siena）後復還至亞色脫立（Arcetri）。一六四二年正月八日之夕，以疾卒，

時年七十有八。高足弟子脫利徹里與威威尼(Torricelli and Viviani)及子溫繩祖(Vencenzo)，咸在側送終。氏本意欲葬於先人之塋(Santa Croce)，鄉人則欲公葬之，並銘其碑，以彰幽德。但教皇勿許，又恐其名垂後祀，禁令不得立墓誌，故氏終瘞於諾威錫亞拖(Del Noviziato)之荒郊。一七三七年三月十二日，意大利學者，追懷前哲，舉行大典禮，遷葬氏於平生所欲首邱之處，而與威威尼合壠焉

歌白尼不信安勒梅之學理而殫精竭慮，另創日中說，爲新天文學之權輿；泰軻柏拉繼之，注重觀象，仔細記載，遺後之研究者，以眞實之根據；其弟子開卜勒發明天體運行之三律，天文學更進一境；至加里雷倭起，以望遠鏡之功用，於是遂益臻完備焉。故十六世紀天文學之進步如築室然：歌白尼開闢地基者也，泰軻柏拉購置材木者也，開卜勒取材木而造建者也，至加里雷倭則規模已具，更加以點綴裝潢；而是室也，則輪然奐然，蔚爲巨觀矣。又此四氏，同治天文學，而其所貢獻者，各不相同；可知科學一道，方面甚多，只須熱心究

學，總有得耳。

第三節　近世物理學之起源

一、加里雷倭

氏十八歲時，一夕，祈禱於闢薩教堂中，見燈往來搖擺，而燈索之短者，其搖擺比長者爲速。氏覩此現象，興趣横生。返家，實行試驗，取無數長短不齊之繩，懸天花板上，下端各繫一重物，繼使之搖擺，一若教堂中之燈索焉。渠算得其每分鐘搖擺之速度：繩$39\frac{1}{10}$英寸長者六十次，$\frac{39\frac{1}{10}}{4}$英寸長者百二十次，$\frac{39\frac{1}{10}}{9}$英寸長者百八十次，有一定之比例。因利用此理，發明一量脈息之鐘擺；是卽後世時計鐘擺之濫觴也。

氏當闢薩大學教授時，發明墜體定律三條：一、墜體經過之距離，與其經過時間之平方成正比例；二、墜體速度，與經過時間成正比例；三、物落空中，其加速度不以物體之輕重而異。

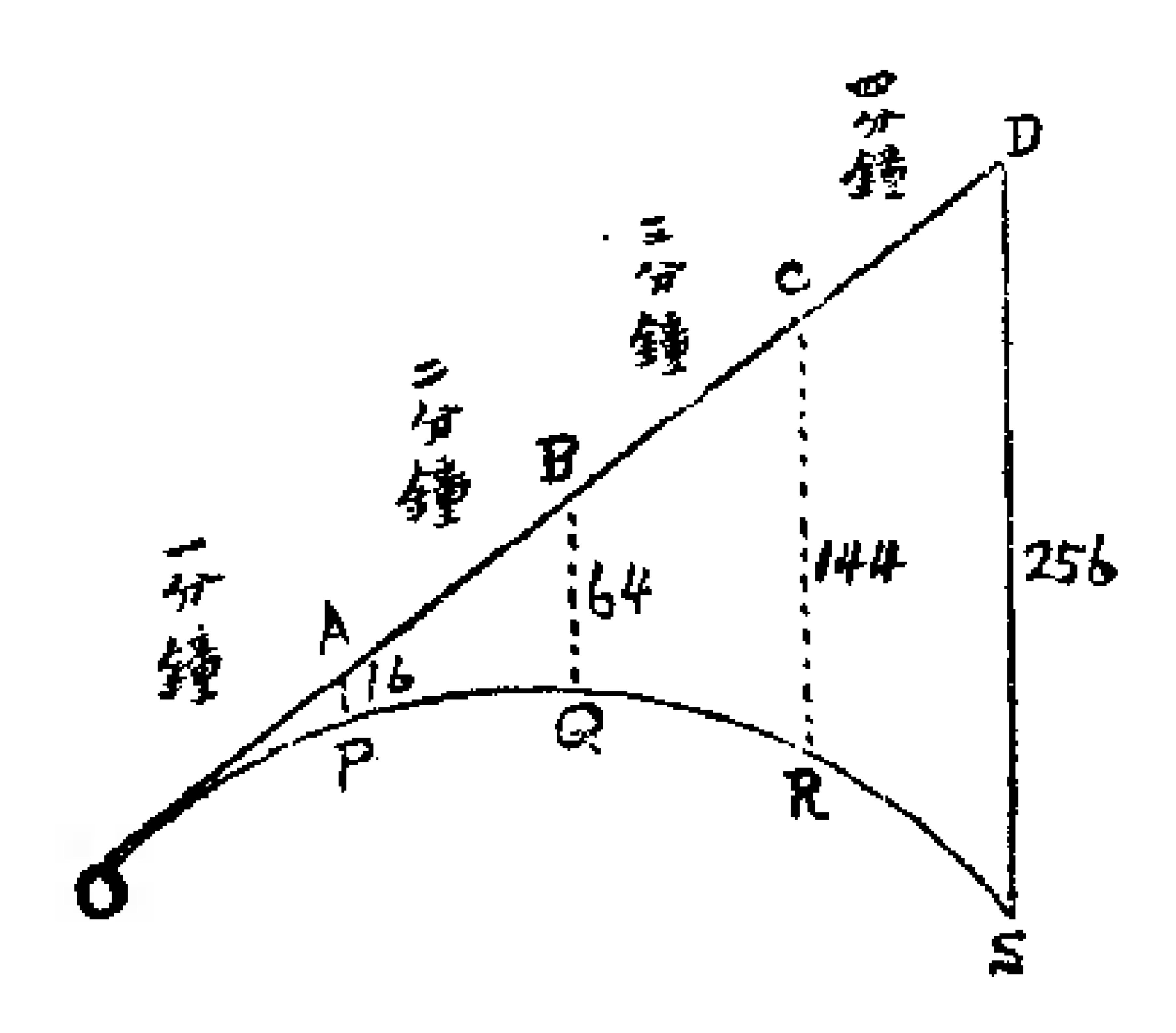
時間(t)	距離(s)	速度(v)	加速度(a)
1	1D	2D	2D
2	4D	4D	2D
3	9D	6D	2D
4	16D	8D	2D
....	....	....	....
t	t^2D	2tD	2D
	$s=Dt^2$	$=2Dt$	$=2D$

三律之關係，可以上式表之；其間所列之D，即墜體第一時間所經之路程。

維時科學未昌，塾師教授，咸奉守亞里士多德「兩種物體，由上墜下，重者快而輕者慢」之言；故對於氏之第三律，指爲怪誕，斥爲不經。惟氏主張堅定，不爲所動，常集衆辯論。某晨，率領校中全體教職員及學生至關薩歪塔(Leaning Tower of Pisa)下，已則逕登其巔，手二鐵球，一重百磅，一重一磅，同時下墜，同時至地。經此一番試驗，贊疑其說者，頗不乏人；特以其與昔賢學理，有所矛盾，終弗深信耳！

氏好學深思，老而不懈，被監禁後，不談天文，而肆力於物理方面。一六三八年在雷登 (Leyden) 印行一書，名二新學討論(Dialogue concerning two New Science)，中分三卷，一等速運動，二加速度，三拋物線。拋物線(Parabola) 亦爲氏之重大的發明，謂物拋出後，其經過時間愈長，則其與地面之距離愈近，而終至於落地。其墜下之速度與時間之長短，有一定比例。如圖：物自O點拋出，一分鐘後，依直線進行，本應至A，但墜而

至P;二分鐘後,本應至B,但墜而至Q;三分鐘後墜至



R,四分鐘後墜至S,依次類推。氏測得進行距離,依等差級數1,2,3,4,5,……墜下之度數,1,4,9,16,25,……依次乘一分鐘後墜下之AP之長,如16×4=64,16×9=144,16×16=256……後世槍礮描準學之發明,實基此理。

氏認空氣有重量,用平常抽水機(Pump),可使上昇;因推論其墜舊律,而實行試驗。但仍信希羅人「自然界恨真空」(Nature abhors a vauum)之說。當水抽至三

十二呎時，不能再升分釐；氏不解其故，乃曰，自然界之恨眞空，想亦不能逾三十二呎之限度耳。此種解釋，殊爲勉强，後其徒脫利徹里繼志纘緒，始證明其爲空氣壓力所致焉。

動力學(Dynamic)之基礎，實爲氏所建築。故蘭格倫(Lagrange)謂：『加里雷倭對於動力學上之貢獻，雖不若渠天文之發明，足以致其一生之鼎鼎大名；然其在今日之爲人所稱頌者，則在此而不在彼。蓋既有遠鏡，舉凡月面之凹凸，木星之衞星，金星之盈虛，太陽之斑點，皆不難窺測而知；若取日常習見之現象，分析其理，明定其律，發先哲之所未逮者，則非庸常所能辦到矣。』

氏爲測量光行速度之第一人。其測量方法：初使甲乙二人，各擎一鐙，立於距離數尺之地，練習隱蔽燈光，及放射燈光使相對者看見之手續。及既嫻熟，乃使之對立於距離二三英里之地；初，各將燈光蔽住，繼甲將燈打開，乙見甲燈，立刻將其自己之燈舉起，及甲見乙燈，則立刻將其自己之燈隱藏，一隱一顯，因從其間測量光行之速度焉。此後二人，愈離愈遠，爲同樣之試驗，但各

携遠鏡，以助肉眼之所不及。一次，二十英里之速度，與一英里之速度相等。氏因謂光由此至彼，並不需時間。其實光行之速緩，與距離之近遠，有密切關係。故一六七五年，丹麥天文學家羅麥耳 (Roemer)，於巴黎天文臺，窺察木星之月球，推定光之速度爲每秒三〇九〇〇〇粁，氏之結論，遂宣告破產矣。

氏性喜音樂，故於聲學亦頗有研究。謂音之高低，由於振動(vibration)數之多寡；音之和噪，由於振動之相協合，抑或相衝突，並說明振動成聲之理，及測量聲浪長短之方法。

二、祁爾伯德(William Gilbert 1544 1603)

祁爾伯德英人，長加里雷倭凡念五歲，皇后伊利沙伯(Queen Elizabeth)之御醫也。當時之人，已知琥珀拾芥，磁石吸鐵，但氏始分辨前者爲電力，後者爲磁力。且謂物體如玻璃硫黃樹膠之屬，摩擦後，皆能生電，攝引他物，不獨珀琥爲然。電氣(Electricity)二字之用於科學，實氏開其端。惟氏對於電學之研究，不及磁學之精深。當時有頗達 (G. della Porta 1543-1615)者，羅馬

光學家也謂以鐵與金鋼石相摩擦，則鐵可變爲磁石。氏不以爲然，實地試驗，並聚衆來觀，經無數次，畢竟均弗能得此種結果；故頗達之說，因而推翻。又有意大利人卡登(Girolamo Cardan 1501-1576)者，算術家也，謂磁之所以能吸鐵者，鐵滑而且冷故。氏亦反對其說；蓋渠以燭火置鐵與磁石間，使鐵燃熱，而二者相吸，曾未稍變。氏於人造磁鐵之法，嘗發明二種：其一，置鐵棒於南北向之位置而敲之；其二，法同前但須熱鐵使紅。

磁針定時，恒指南北，是何故耶？當時人或謂爲北極星所主宰，或謂爲別種天神所主宰，然皆不脫迷信之見解，毫無科學之價值。氏假定爲地球本身之關繫，因用磁石造一球體，備資試驗。渠以磁針置球之北極，則針之南極與之相吸，置球之南極，則針之北極與之相吸，得同性相拒，異性相吸之結果。故其結論，謂地球本身爲一大磁石，磁針之南極近地北極，其北極近地南極，此理，於其傑作磁石論(De Magnete 一六〇〇年出版)中，言之甚詳。

上節所述，皆十六世紀末及十七世紀之科學；當時

研究學問之方法,煥然一變,不僅觀察事物,並且實地試驗。加里雷倭祁爾伯德蓋實驗主義之先導也。

第七章　十七世紀之科學

第一節　培根與笛卡兒之科學方法論

一、弗蘭息斯培根(Francis Bacon 1561-1626)

弗蘭息斯培根倫敦人，父爲女王伊利沙伯之掌璽大臣。培根天資卓絕，幼負才名，女王極寵愛之。年十三，肄業劍橋(Cambridg)大學。長參樞機，歷仕伊利沙伯及詹姆士一世(James I)之朝，皆得信任。一六一八年，擢遷宰相，兼貴族院議員。一六二一年，以賄賂之謗，解組歸田，專究哲學，以樂餘年，至一六二六年而歿；晚境蓋彌苦也。

培根於科學，無甚發明；惟其所倡導之科學方法，則實爲後世科學進步之權輿，窮本溯源，厥功匪小。未語方法之先，渠云當破除四種成見，以此四種成見，爲求眞理之大障礙也。玆分述其大概如下：

(1)種族的成見(The Idols of the Tribe亦譯種族之傀儡)——此種成見，並非謂甲國人對乙國人，此疆彼界，畛域攸分；特謂任何種族間，均各有其普遍之習性

或迷信。如西洋之金曜日，吾國之破日，皆以爲不利於出門，卽其一例。又吾國人往往以物之外表之相似，遂遽推其內容之作用有同然者，是亦一種族的成見：如謂空青可治眼疾，因其淸澈靡倫也；白木耳可使體胖，因其腴然肥大也。

(2)職業的成見 (The Idols of the Cave亦譯巖穴之傀儡)——此種成見，原於個人職業或環境之不同而生：如學農者，則謂培植邦本，非農業莫屬；學工者，則謂富强國家，唯工業是賴；吳人適越，則稱述吳山之佳妙；越人適吳，則舉揚越水之淸漪。又如杜威之講哲學，不離其素所硏究之心理；羅素之講哲學，則不離其素所硏究之數理。凡此，皆眼光拘於一隅一曲之所致也。

(3)形式的成見 (The Idols of the Forum亦譯市場之傀儡)——此種成見，以文字方面爲多：如咬文嚼字，盲從古人；舉例斷案，罔加思索之類是。(法庭判審，往往祗照從前之成例，符合情理與否，則弗問也)。

(4)門戶的成見 (The Idols of the Theater亦譯劇場之傀儡)——此種成見，爲門戶所蒙蔽：優孟衣冠，出

奴入主；同我者是，異我者非；政黨之爭，學派之爭，皆以此耳。

至求眞理之方法，厥爲「歸納」(Induction嚴幾道譯爲內籀)；渠所著新工具(Novum Organum)一書，卽闡發此歸納法之義蘊者。略言吾人當先觀察天然之事物，以尋求原理原則；不當僅憑主觀之理性，而强以配合一切之事實也。渠於當世所盛行之亞里士多德的演繹法(Deduction嚴譯爲外籀)，極力攻擊，謂：此項方法，有兩大缺點：一者，是爲辯學上之方法，非思想上之方法，其目的不過足以制勝他人之言論與主張，未足以統馭自然，征服天行；二者，是祗將從前所有之舊知識，加以整理，弗能獲得新知識，有所發明，陳陳相因，了無是處。

至培根歸納方法之步驟，有下三項：

1.收羅所有事實而無遺；　謂研究一問題，僅據一二事實，不足爲訓；必盡量收羅，毫無遺漏，而後所得之結論，方爲可據。

2.取所有事實，分析而比較之；　事實之中，混雜樊淆，必須一一取而分析，庶無囫圇曖昧之弊；並須詳

為比較，而求其同異之所在。

3. 發現所考現象之原因； 現象既經考得，必更進而求其原因何在，以爲綜合概括之資，換言之，卽求現象之簡相(Simple Form of Phenomena)是。如任何氣體加壓力，其體質均縮小；然其所以縮小者，悉由其分子間之距離變小故。脫不將此原因發見，則體質縮小之現象，終茫然耳。故培氏此層，於科學之研究上，極爲緊要。

數百年來，治科學者，咸知注重歸納法，因而科學事業，駸駸孟晉，有一日千里之觀，蓋實受培根倡導之厚惠。但培根并非唾棄理性，謂演繹完全無用；特謂應先觀察事實，而後運用理性以組織之，整理之。渠批評采用演繹者，謚之曰『蜘蛛的方法；』以其偏重理性，而推斷一切，與蜘蛛結網，一絲一縷，純由腹部吐出者，將毋同。至過於注重事實，徒知聚積，而不以理性安排歸納者，則又與螞蟻之採集食物，雜然堆垛，漫無頭緒者，無異；渠因謚之曰『螞蟻的方法。』渠所主張者，爲『蜜蜂的方法：』——卽歸納法——對於所搜集之事實，

加以組織與整理工夫，而求得其新的結晶；如蜂之採集花蜜，加以製造，益以融化而釀成芳香甘美之蜜也。

二、笛卡兒(René Descartes 1596-1650)

笛卡兒，法蘭西人也。幼年肄業舊教會學校，修神道學；十八歲後，遊歷各處，研究天文數學等科學。一方旣充滿陳舊之思想，一方又接收新穎之知識，新舊牴觸，自屬難免。氏欲謀二者之調和，故其哲學卽揉合此二者而成；但竭盡其畢生精力，亦終未能調和也。氏與古之學者，幾無一不相反；最顯著之一點，卽未嘗充當教授。中世紀科學者流，多從事於教授職業，下帷鑽研，皓首窮經。氏則不屑於「口講指畫」之瑣事，蓋其天性，活潑不羈，喜度獨立冒險之生活。童年足跡，幾遍歐洲；長大後，參與荷蘭及德國之戰爭，匹馬戎服，効命前驅；解甲後，復僕僕風塵，奔走四方，未遑安處，卒客死於瑞典焉。

笛氏富有改革之雄心，科學一道，全不尊崇古舊之習慣。卽希臘幾何學，世稱爲完善無比者，亦多所指摘；並謂古代之科學著述，幾無價值可言。其眼光學識，蓋

必有高人一着者在。

笛氏之科學方法，分五步驟：

1.除盡成見； 成見最足淆紊是非，蒙蔽理智，故必破除淨盡，以清壁壘。

2.惟灼見方爲眞知； 觀察一切事物，必須達「明」「晰」(Clear and distinct) 之程度，始可謂爲眞知識。

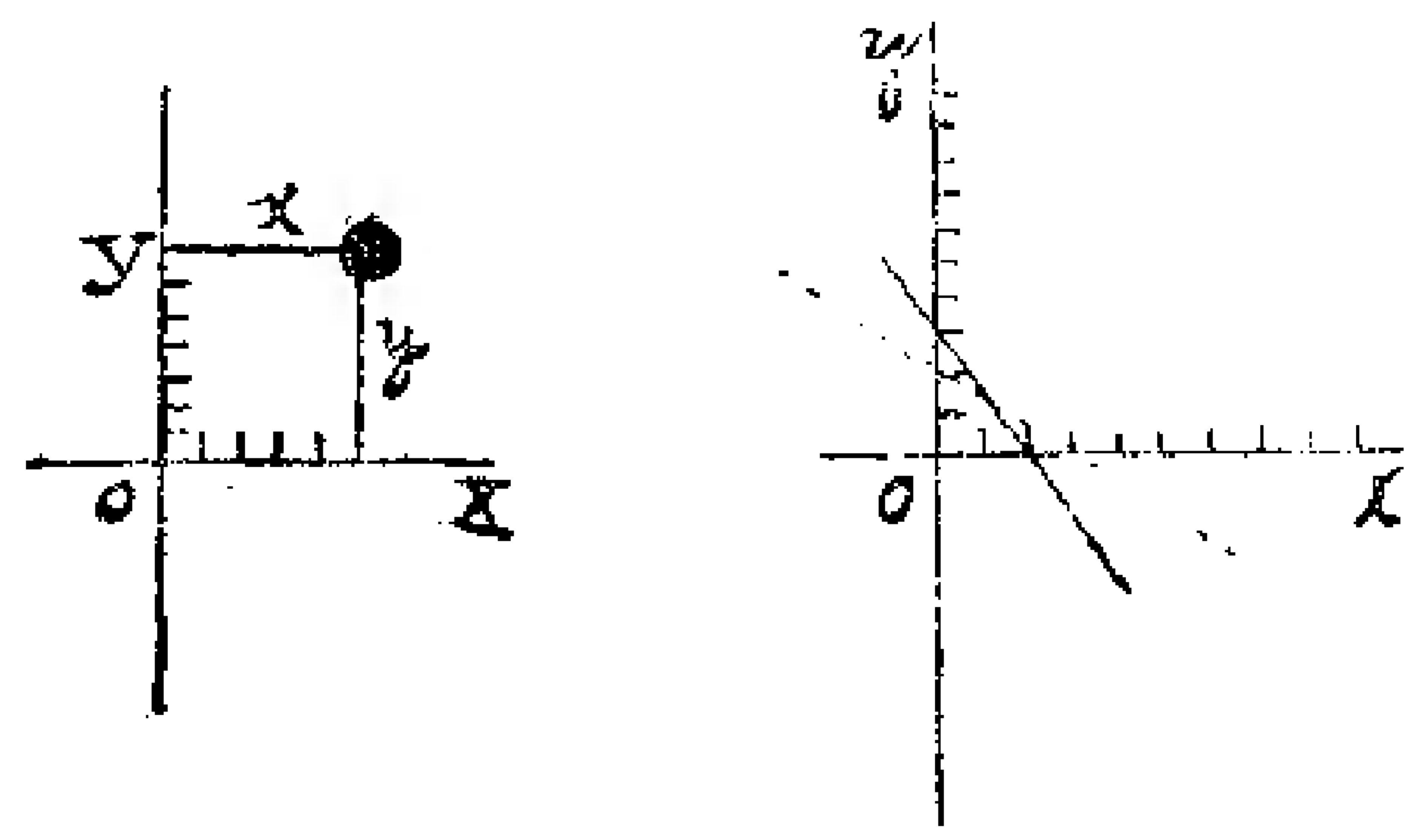
3.一問題之來，必須分析之爲最簡單之因子； 每遇一問題，必將其最簡單之因子分析出來；因唯簡單，爲易窮究其眞相。

4.由簡單而複雜； 簡單之眞相既明，然後根據之，而更推求複雜之眞相。

5.問題之解決，須包括所有因子； 欲解決一問題，必須將所有因子，包括靡遺；否則，執偏概全，結論必不眞確。

1，2.兩項，有合之爲一者，故亦可作四步驟觀。培氏於哲學爲經驗派，笛氏爲唯心派，但科學精神，相差不遠；其破除成見，及分析綜合之方法，蓋不啻出自一人之口也。

笛氏於科學上最大貢獻，卽爲解析幾何 (Analytic Geometry)之發明，解析幾何者，鎔代數幾何爲一治，而以代數方法解析幾何問題也。先是，人亦有知此理者，但至氏始有精密之格式(System)耳。氏首創『坐標式』，謂平面上有一點，不知其所在，但若知其與XY二定直線之距離爲yx；則於距X爲y處，作一與X平行線



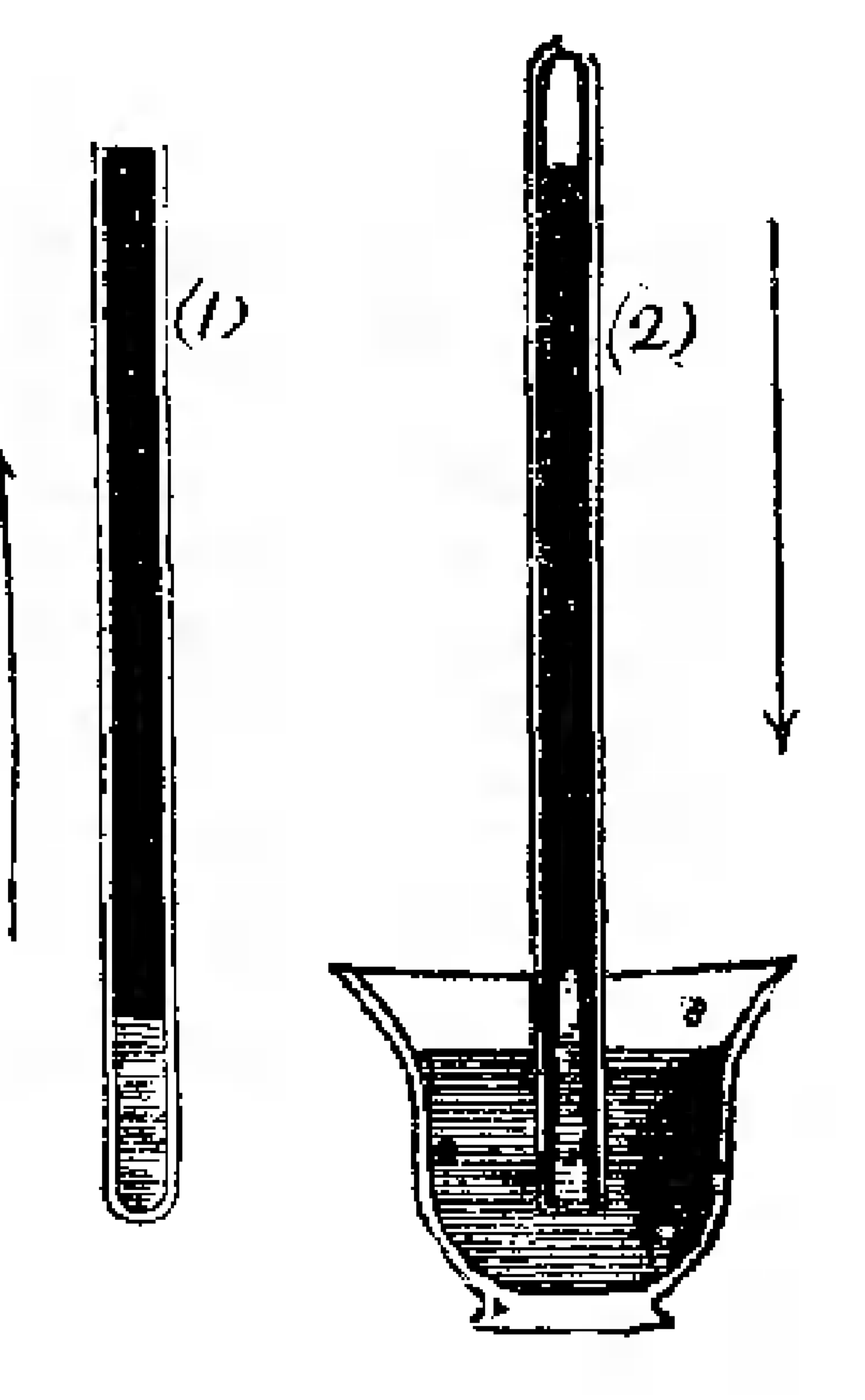
距Y爲x處，作一與Y平行線，二線相交之地，卽所求之點所在之地。如某點距Y爲5，距X爲7，則引長xy兩線，其相交之處，卽某點也。

xy兩線，表示數之各種變化：如x+y=5x=1，則y=4；x=2，則y=3，x=0，則y=5；x=6，則y=-1。

第二節　空氣壓力之驗試

一、脫利徹里(Evangelista Torricelli 1608-1647)

脫利徹里意大利理算學家，讀加里雷倭之書，而欽佩其爲人，故踵其門，執弟子禮焉。當時加里雷倭試驗抽水機，祇能抽至三十二呎之高，而以自然界恨眞空，不能越此限度爲解釋。脫氏不以爲然，謂此或爲空氣壓力(Atmospheric Pressure)之關係。因假定水能升至三十二呎，若取較輕於水之物質代替之，則其上昇之度，應比水爲高；又若取較重於水之物質代替之，則應比水爲低。而其高低，有一定之比例。一六四三年以較水重十三倍(13,5)之汞，演其著名之實驗如下：



法取四呎長一端開口一端封閉之玻璃管，貯汞其中。先以拇指捺閉其口（圖1），次倒浸於汞盃內（圖2），後將拇指移去，管上部之汞，向下降落，其上端空間，成爲眞空；而汞之高度，則爲三十二吋之十三分之一，卽距盃內汞之表面約三十吋之譜。

脫氏因此得結論，謂：空管內之液體上昇，實由液體表面空氣之壓力所致。而液體每一方吋之面積，受空氣壓力一四·五磅。（因從上試驗，汞能昇舉至三十吋，而每立方吋之汞，重·四九磅，以·四九乘三〇，其積爲一四·五磅。）

二、巴士卡(Pascal 1623-1662)

巴士卡法蘭西著名之理學，算學，哲學家也。渠見液體中之物，所受壓力，近表面而漸減。因推想自海平面至山巔，空氣壓力亦必逐漸遞減。顧巴黎地勢平坦，旁無高山，足資試驗。一日，携脫利徹里之器具（如前圖），登一高塔之巔，考得汞柱，果稍降落，中心自喜。有內兄波瑞爾(Perrier)者，家於法之南境，乃致函於彼，請其在附近普得杜梅(Puy de Dome)山，如法試驗。結

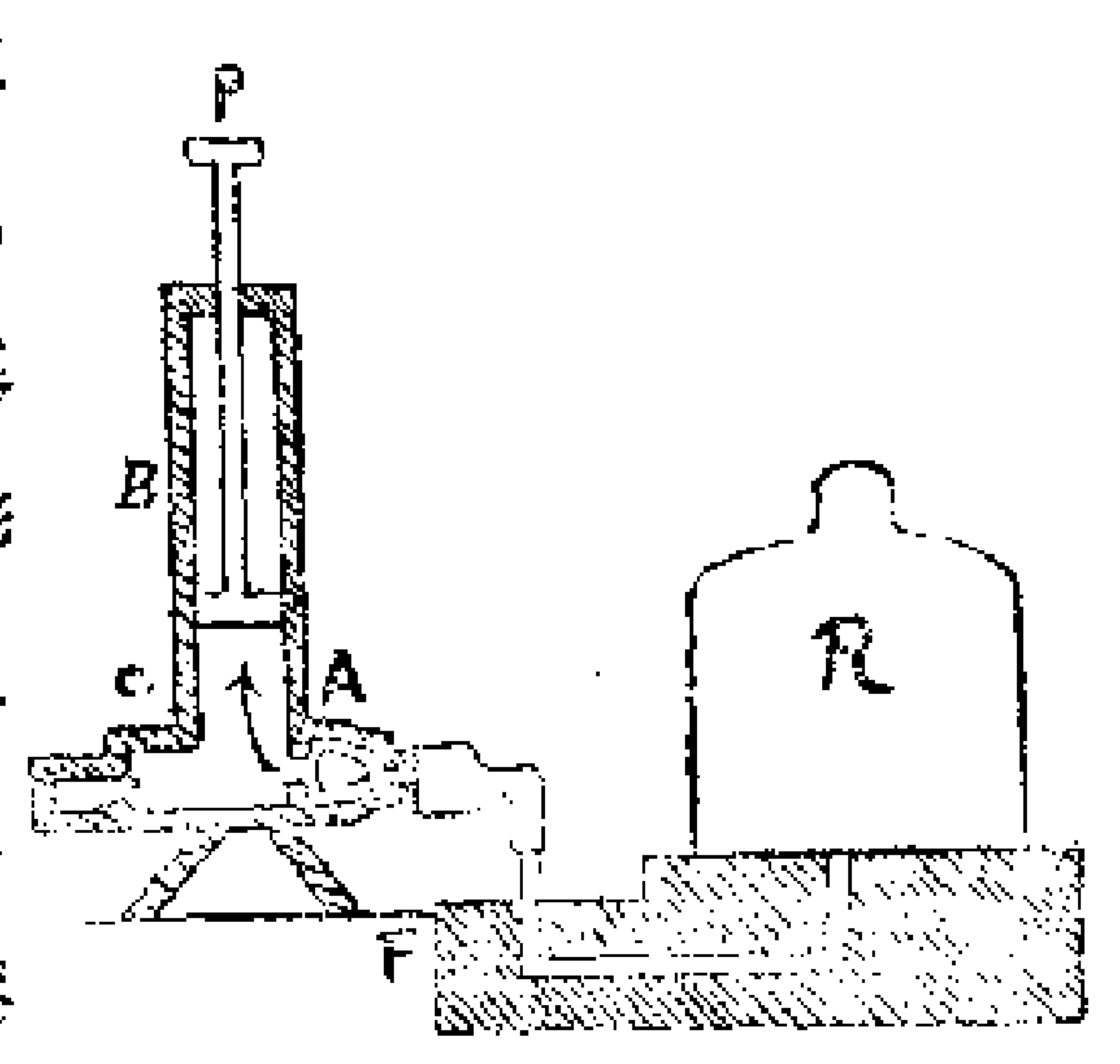
果，上昇至一千呎之高，汞柱降下六糎。此一六四八年九月之事也。

因此得定論，距海平面較高之處，則空氣之壓力較小，較低之處，則較大；而其大小，則可視汞柱昇降之度而知。是爲巴士卡之定理(Pascal's Principle)。大凡每距海平面十二米，汞柱約降一糎；以英制計，則每高九十呎，汞柱約降十分之一吋。後人根據是理，乃有氣壓表(Barometer)之發明。氣壓表之爲用頗大：將雨，則汞柱降低，將晴，則上昇，因藉此逆料天氣變遷之情況。又於其昇降之度數，可測量地之距離海平面之高低；故近世地學家及飛行家多以之爲測量工具焉。

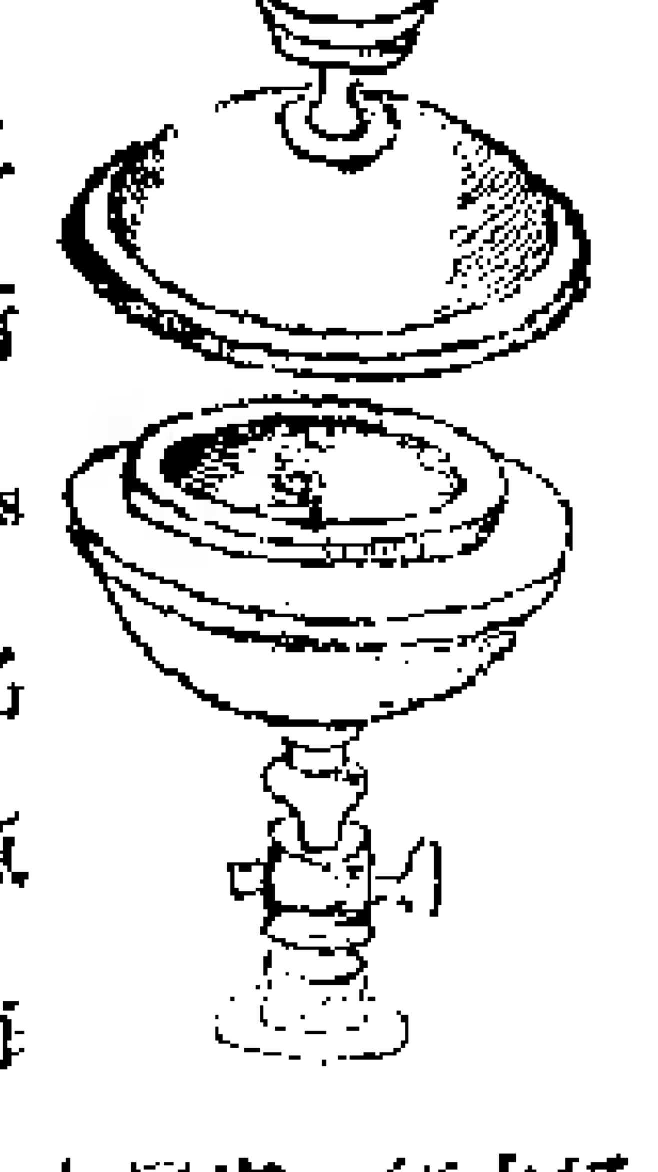
三、格爾克(Otto von Guericke 1602-1686)

格爾克德之麥葛得堡(Magdebury)人，精天文物理，曾爲麥市市長。渠欲求得眞空(Vacuum)，初用木箱，滿盛以水，抽之使出，水未抽完，箱已破裂。繼改用銅球，試之如前，但水將盡時，球雖未破，形已變扁。最後，用鐵球，始免於破裂。然渠忽思，與其抽水，曷若抽氣？一六五〇年，於是有抽氣筒(Air Pump)之發明焉。

抽氣筒之構造，約如下圖：R 爲鐘罩，B 爲圓筒，F 爲連接罩與筒之管，A,C，爲活門，P 爲活塞。將活塞上提，罩內空氣膨漲，衝開活門A，入圓筒B。再將活塞下推，則空氣受壓



縮，活門A關閉，而空端之活門C放開，空氣即由此逸出。故活塞屢次抽提，罩內空氣逐漸減少，而終至罄盡，成爲眞空。



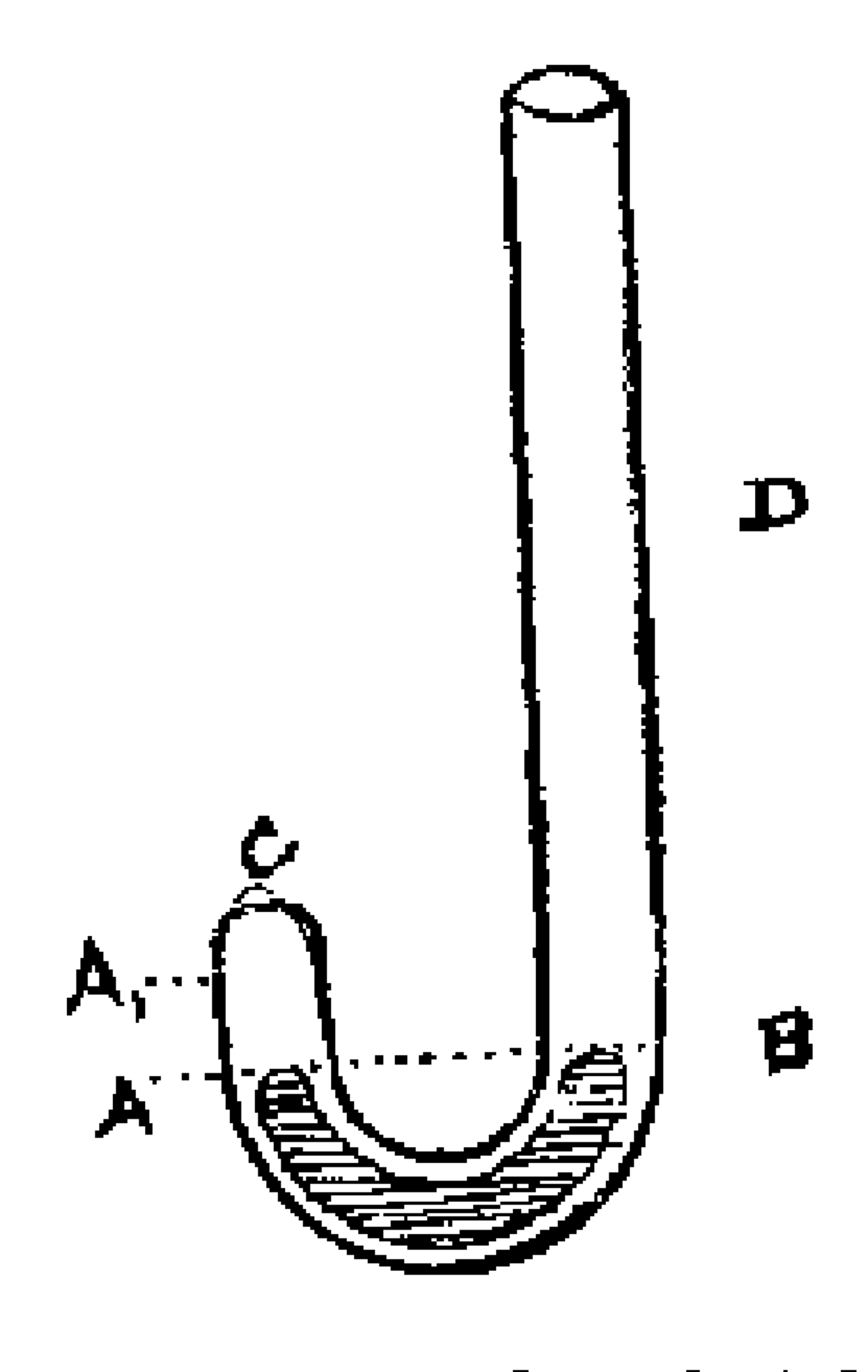
渠既發明抽氣筒，因製一內徑二十二吋之鐵球，分成兩半，是即後世所稱爲麥葛得堡半球(Magdeburg Hemis-pheres。渠時爲麥市市長，故以其地名之)也。將兩半球之唇口接合，以抽氣筒抽去其中之空氣，而緊閉其活塞。每端須繫馬八匹，纔能拉開。蓋因球中已成眞空，無力抵

抗球外空氣之壓力，故覺較尋常壓力為大也。德皇佛迪蘭德三世(Ferdinand III)，嘗召之至殿前試驗。其初製之球，現尚保存於柏林博物院中云。

昔加里雷倭曾草創單簡之氣壓表。一六五〇年格爾克亦試製一具，其構造用一水柱，上通屋頂，內浮一木像，天雨像隱，天晴則現。鄰人誣其與魔締盟，以其事近於怪誕也。

四、鄱伊爾(Robert Boyle 1626-1691)

鄱伊爾愛爾蘭之理化學家也。渠研究涵個氣體之體積，與所施之壓力，其改變之關係如何；特從事一種試驗如下：



法取一端封閉之J字形玻璃管，由他端徐徐貯汞其中，使長短兩臂等高為止；如是，則CA中空氣所受之壓力，等於當時空氣之壓力。(CA中空氣之體積，可測量CA之長短而知；當時空氣壓力之大小，則

可觀氣壓表而知。)再以汞加入管中,使長臂中之汞面,較短臂中者爲高,而所高之數,恰與當時氣壓表汞柱之高相等。因此,則短臂中空氣所受之壓力,比前增加一倍;而其體積,則比前減少一半。

渠屢經試驗,知空氣受加倍之壓力,則體積減半,受三倍之壓力,則體積減至三分之一,餘以次類推。因得一定律曰:「氣體體積之大小,與其所受之壓力,成反比例,」是卽膾炙人口之鄱伊爾氏定律(Boyle's Law)也。設以受P壓力時之體積爲V,受p壓力時之體積爲v,則按此定律,可得V:v=p:P之式,或可書之爲VP=vp。

第三節　化學之概況

一、鄱伊爾

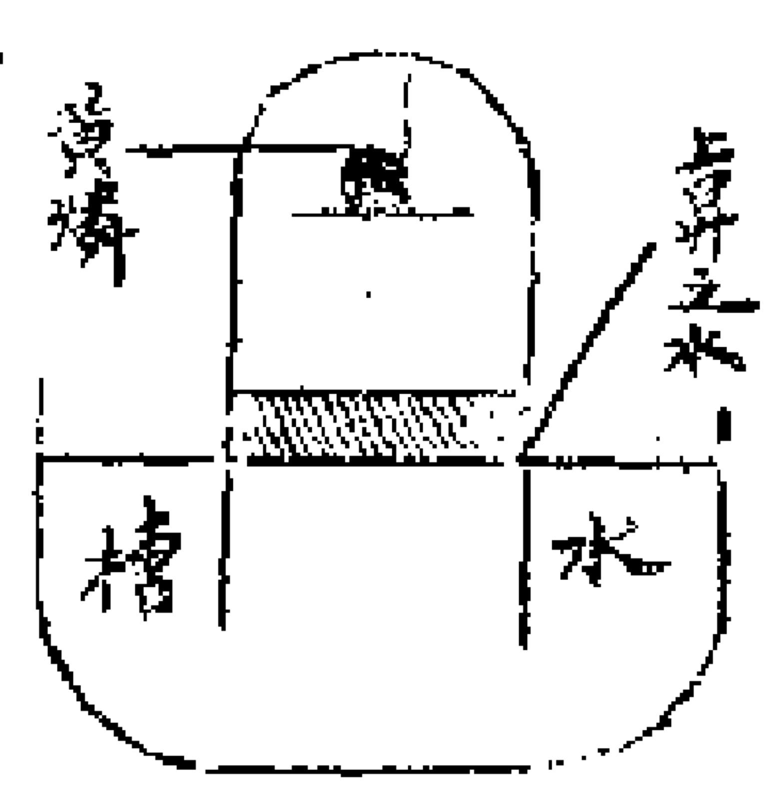
鄱伊爾對於化學上之貢獻極大。當時鍊金時期,雖已過去,而餘風所披,尙未盡沫;學者咸信硫黃,汞,鹽,爲一切物質之根源,謂之『三本』(Three Principles)。其研究化學之目的,在求所謂宇宙自然之『一』,(Unity)變化之眞理爲何,則未嘗顧及。渠於一六六一年刊行一傑著名懷疑派之化學家(Sceptical Chymist),以問答體

哉；攻擊鍊金派之謬見。自是而後，學者始漸入於實驗科學之途，而化學因以成眞正之科學；大輅椎輪，厥功崇偉。後人以化學之近世期，託始於該書發靑之一年者，蓋示不忘其進步之所自耳。

世界最古而最負盛名之科學社，首推英國一六四五年成立之倫敦皇家學會(The Royal Society of London)，而鄱伊爾實爲此學會發起人之一。此學會亦稱「無形大學」(Invisible College)，有時又稱「哲學大學」(Philosophical College)，蓋謂其爲少數學者聚會研幾之機關也。鄱氏於一六六四年後，謝絕世務，專在此中研究焉。

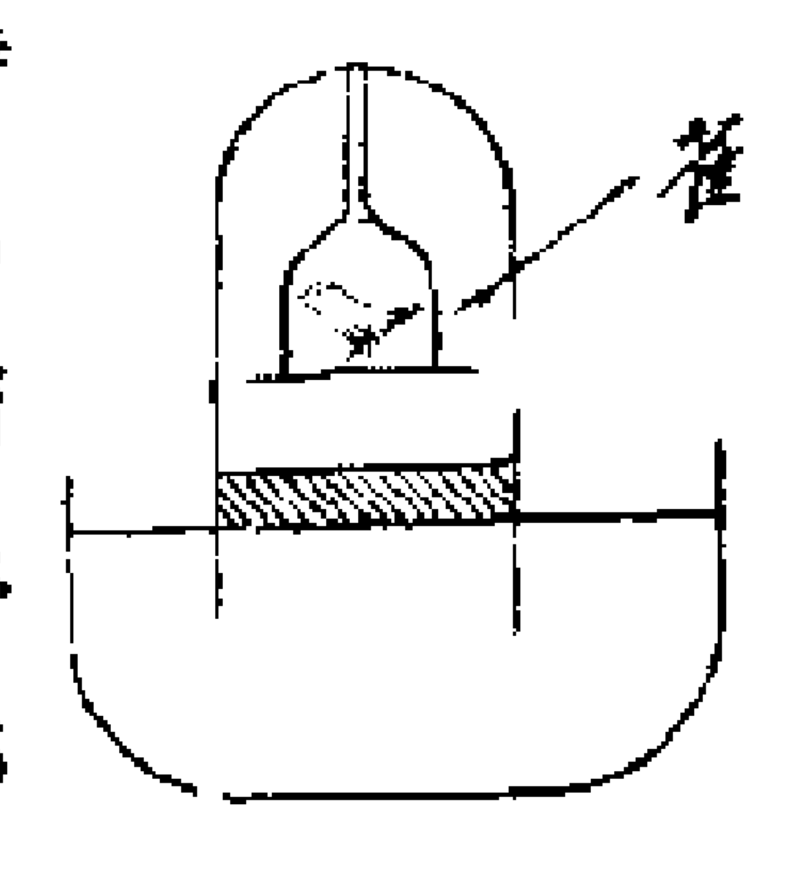
二、梅約(John Mayow 1645-1679)

梅約英之醫士也。當時研究氣體之潮流旣盛，影響所屆，遂及於燃燒問題。氏見涵錮之氣體，以抽氣機抽成眞空，置生物其中則死，置火則熄；以爲燃燒必與氣體有關繫。乃爲有名之燃燒試驗。其法：用一玻璃罩，



置水槽中，使罩內之水，與槽中之水等高。中懸黃燐一片，聚光於其上，使之燃燒；經時熄滅。再聚光於其餘燐之部分，不能燃燒惟水則上昇少許。氏因此，謂空氣必有一部分助燃者，一部分不助燃者，其助燃者，名之曰『火氣』(Fire Gas)。

後欲試驗氣體與生物有無關係，乃置一小雀於玻璃罩中，使呼吸其間。經若干時後，雀死，槽中之水，亦上昇少許，而上昇之度數，與置燐於罩內所昇之度數相等。因此，又謂空氣必有一部分能供生物呼吸者，一部分則否。



然燃燒之空氣，與呼吸之空氣，是否相同？亦一問題。氏乃將黃燐與小雀，同置玻璃罩中，一方燃燒，一方呼吸。若二者相同，則其水面上昇之度數，當與分別試驗時上昇之度數等；否則，當比分別試驗時，上昇之度數，應較增加。但結果水面上昇之度數，與分別試驗時上昇之度數，毫無差異。氏因斷定燃燒之空氣，即呼吸

之空氣。

厥後，氏又證明呼吸後(或燃燒後)之空氣，不能再燃燒；若加以硝炭，聚光其上，則復能燃燒。因謂硝炭中亦有『火氣』，與空氣中所含者無異云。

氏所發明之『火氣』，實卽今之所謂養氣；但年纔三十，遽爾云亡，致其說湮沒不彰。讀史至此，殊增惋惜也！

三、貝翹(Toachim Becher 1635-1682)

貝翹德意志人，亦研究燃燒者，但不知梅約之試驗，故其結論又異。謂燃燒係一種物質名『火質』(Phl-giston)者所致：當物體燃燒時，火質卽行逃出；物體之所以不能燃燒者，因無火質故．此物體之所以較彼物體易於燃燒者，因此物體所含之火質較彼物體爲多故；若能令火質還原，則雖燼餘之物體，亦可復燃燒。

四、施塔爾(George Ernest Stahl 1660-1734)

施塔爾亦德意志人，集火質論(Phlogiston Theory)之大成者也。生於安斯拔哈(Anspach)城，一六八三年卒業耶拿(Jena)大學，一六八七年爲威馬(Weimar)侯之

醫官，一六九四年任哈列(Halle)大學醫學教授，一七一六年普魯士王聘之爲御醫，一七三四年，以壽終。

施氏謂各種能燃燒之物體中，均含火質，而以之試驗，常有一定之反應。試取錫燒之成灰，再加以炭，則又變爲錫， 錫灰＋炭→錫，因錫灰旣失火質，而炭中火質，適彌補其缺也。再取鋅燒之，其變化如下， 鋅－火質→鋅灰。因鋅之火質，業巳消散也。再取鹽酸與鋅或鋅灰試之， 鋅灰＋鹽酸→白的固體。鋅＋鹽酸→氣＋白的固體。因鋅灰無火質，故與鹽酸化合，僅生白的固體；鋅則火質尙存，故與鹽酸化合後，除白的固體外，又有一種氣體，此氣體，卽火質耳。

此種理論，頗有勢力；自十七世紀至十八世紀中葉，研究化學者，咸奉爲圭臬。但積久而謬點豁露，蓋施氏所言，僅及物體變化之「性」的方面，未及「量」的方面。如鋅燒燃後，火質旣去，新剩鋅灰，應比前減輕；而事實上乃比前加重，是何故乎？信施氏之說者，曲爲之解曰：火質本爲氣體，是向上的，有負重(Negative Weights)之特性，燃燒後，則特性消失，故鋅灰反覺

加重。然此祇能勉強解釋一端，若問炭灰何以減輕？則以子之矛，陷子之盾，不可爲訓矣。故知此種理論之不能成立也。雖然，其功亦未可盡泯；此後於化學一途，能不以神秘的鍊金術視之，而分解化合，有試驗之精神者，蓋未始非火質論有以啟導之也。

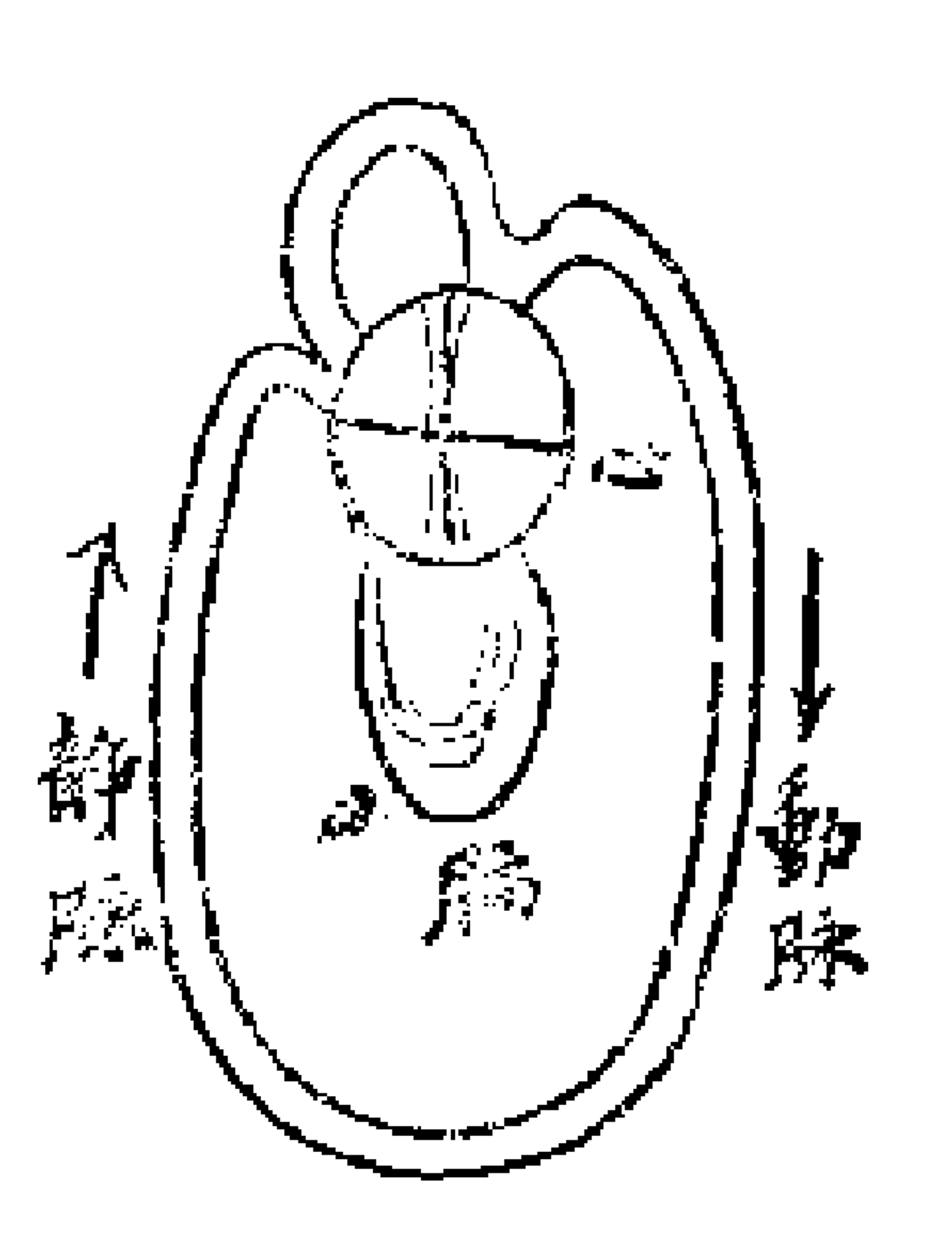
第四節　醫學與生物學之概況

一、席德爾（Thomas Sydenham 1624-1689）

席德爾英國之醫士也。與大哲洛克（Locke 1632-1704）意氣相投，稱莫逆交。又與理化學家鮑伊爾爲文字交，書問往來，絡繹於道。渠以哲學上之唯理論（Naturalism and Rationalism），運用於醫學，打破古來神秘的觀念。謂疾病之生，必有物質的根據，非二豎所能作祟。近代科學的醫學，實渠植其根基。其著名之療病界說，「藉自然之努力，將致病的物質除去，便可痊癒；」與現在所謂以身體內部之能力，與致病的物質如黴菌等，宜戰爭存；理固同然也。十七世紀中葉，學者咸奉爲泰斗，至稱之爲「英國的黑坡克拉底」（English Hippocrates）云。

二、哈維(William Harvey 1578-1657)

哈維英國著名之醫士及解剖學家也。十六世紀以來，意大利學者，於解剖一道，研究極盛。氏少時，留學彼邦，受業發柏栗齊謁士(Fabricius)之門。於其師所發明靜脈管中之活瓣(Valves)，謂有阻止血液逆行之功用；曾留心考慮，並深信不疑。返祖國後，根據之以研究心之跳搏，血之運行。結論，謂：血液循環不息，以心為總機關；心搏一往一復，則血液一出一入，出為動脈，入為靜脈。動脈離心，靜脈向心。渠用許多下等動物實驗，得證據如下：(1)將動脈割斷，噴出之血，頗有力量，每血一噴，與心之搏動同時。(2)將近心之總靜脈縛住，心房即空涸而無血。(3)將總動脈縛住，則心房滿充血液，積而不流。(4)將犬腿之動脈縛住，則其腿擁腫，縛靜脈，亦然。(5)隨處割開一口，動脈血從近心之一端流出，靜脈血則從相反之一端流出。一



六二八年著一書，名血液循環論（Circulation of Blood），公布於世；其名遂著。

氏又謂肺囊之功用，在澄清血液之汚濁，故經過肺後所發出之血（動脈）係紅色，其他一方面之血（靜脈），則係紫色。但所以能變紅色之理，氏尚未明。迨經後世生理學家之考察，始知肺囊中有無數小孔。呼吸時，藉此小孔，血與空氣接觸，攝收養氣，吐出炭酸，起一種化學變化；血乃澄清，而顯出鮮紅之色彩。

三、馬爾不基（Marcello Malpighi 1628–1694）

馬爾不基為意大利之解剖學者。渠用顯微鏡發見毛細管；謂其功用，為動靜脈連接之關鍵。又研究皮膚，謂可分為三層，卽外皮，內皮，眞皮，是。外皮組織，人人皆同，眞皮亦無差異，惟內皮容有區別；黑人之所以黔黝者，蓋卽以其內皮有黑質素也。毛細管之發見，爲一六六一年，距哈維之卒，不過四載，而血液往復循環之理，則藉此而益彰顯矣。氏著有植物解剖，及蠶蛾之解剖等書。

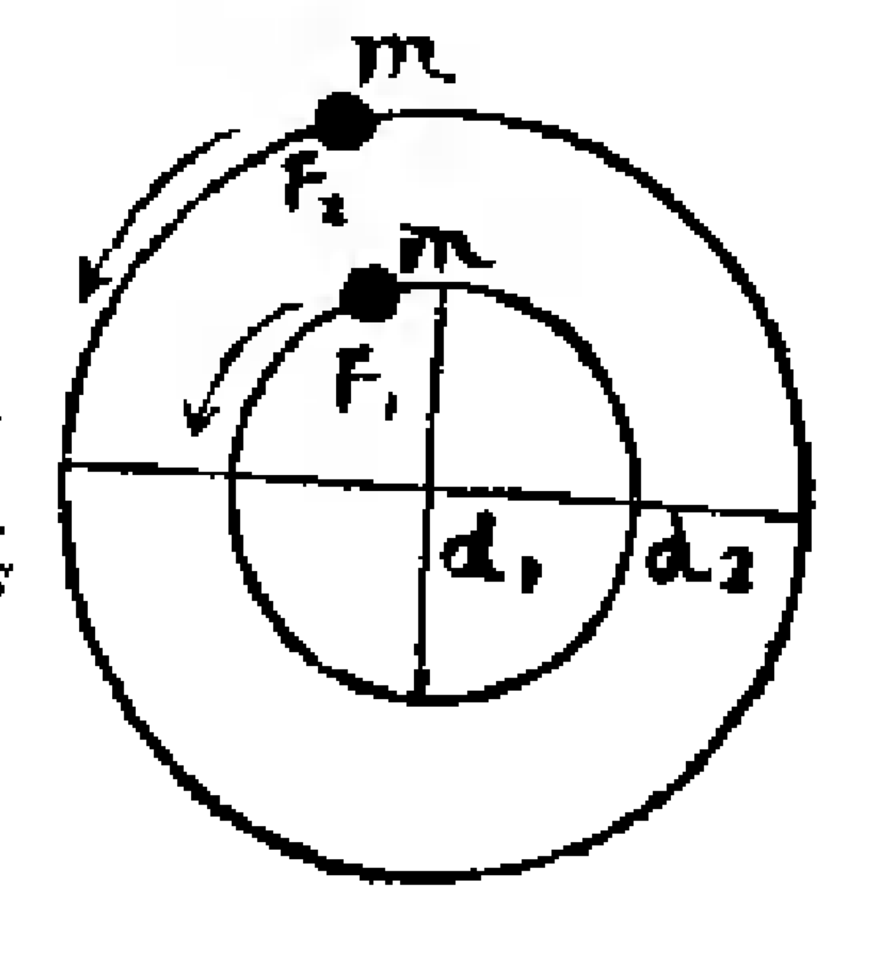
四、何克（Robert Hooke 1635–1703）

何克英之數學家，與鄂伊爾等，同爲倫敦皇家學會最初之會員。渠藉顯微鏡之力，發見生物細胞之構造，於科學界甚有貢獻。著有顯微圖考一書行世。

十七世紀生理學方面，迭有發明；而醫學得所依據，故其進步蒸蒸，迥非疇昔所可同年而語矣。

第五節　何依根之力學及光學

何依根(Christian Huygens 1629-1695)荷蘭之物理算學天文學家也。一六五五年發見土星之光環及衛星，一六五六年創造時計之振子 (Pendulum) 與擺輪 (escapement)，並補充擺動之理論。一六六六年受郭爾勃 (Colbert 1619-1683) 之聘，赴巴黎開設法蘭西書院，逗留彼土，凡十有六年。離心力 (Centrifugal force) 之原理，亦爲何氏所發明，其定律有二：



(1)相等之旋體，以等速度運行於不相等之圓圈中，則其離心力與兩圓圈直徑成反比例。如圖兩M爲相等之旋體，小圓

之離心力為F_1，大圓為F_2小圓之直徑為d_1，大圓為d_2；則$\frac{F_1}{F_2}=\frac{d_2}{d_1}$

(2)相等之旋體，以不等速度，運行於相等之匱圜中，則其離心力與其速度之平方成正比例。如圖：

m_1 m_2為兩旋體，m_1之速度為v_1，m_2為v_2，m_1之離心力為F_1，m_2為F_2，則

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{v_1^2}{v_2^2}$$

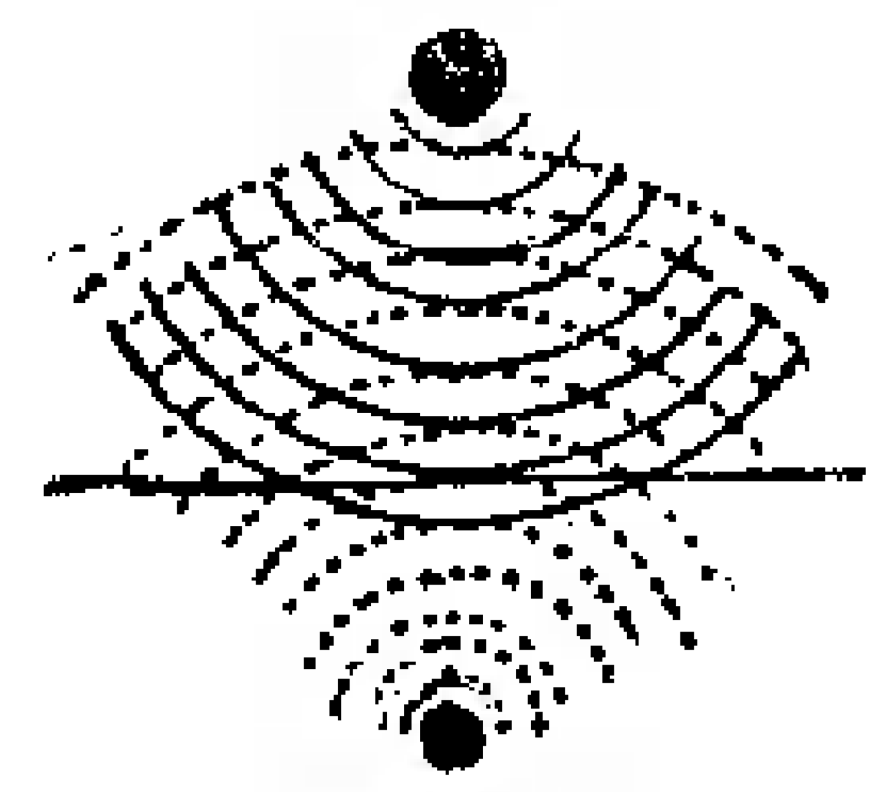
何氏於光學，造詣甚深，創光浪說(Wave theory)，為後來解釋光性(Nature of light)之嚆矢。其言曰：光與音同，其進行亦有波動之狀態。至光之傳達為一種媒介物，名以太(ether)，瀰漫宇宙，無處無之；其質至細極微，頗似一種異常稀薄之氣體。凡發光體微點振動時，卽使此以太起波浪之作用而傳達；波浪旣觸眼簾，吾人乃覺有光；故所謂光浪者，卽以太中之一種波浪也。

光之性質有四：一、依直線進行；二、反射；三、屈折；四、光色。欲立一種光之理論(Theory of light)，必

將此四種性質，解釋靡遺，而後方顛撲不破。何氏之光浪說，則何如乎？茲依次解釋之：

一、依直線進行——尋常習見之波浪，不悉依直線進行，如以石擊水，其浪多迂迴曲折，隔牆談論，聲音亦隱約可聞。惟光則一遇阻障，立即停止，曾不能稍彎曲。同是浪也，胡兩歧乃爾？故牛頓輩持光子說，而非難光浪說，即以此爲主要之攻擊點。近百年來，有人證明光之短浪，依直線進行，若長浪，則觸隅時，亦能如音浪等，隨即彎曲；於是何氏之說，遂無可訾矣。

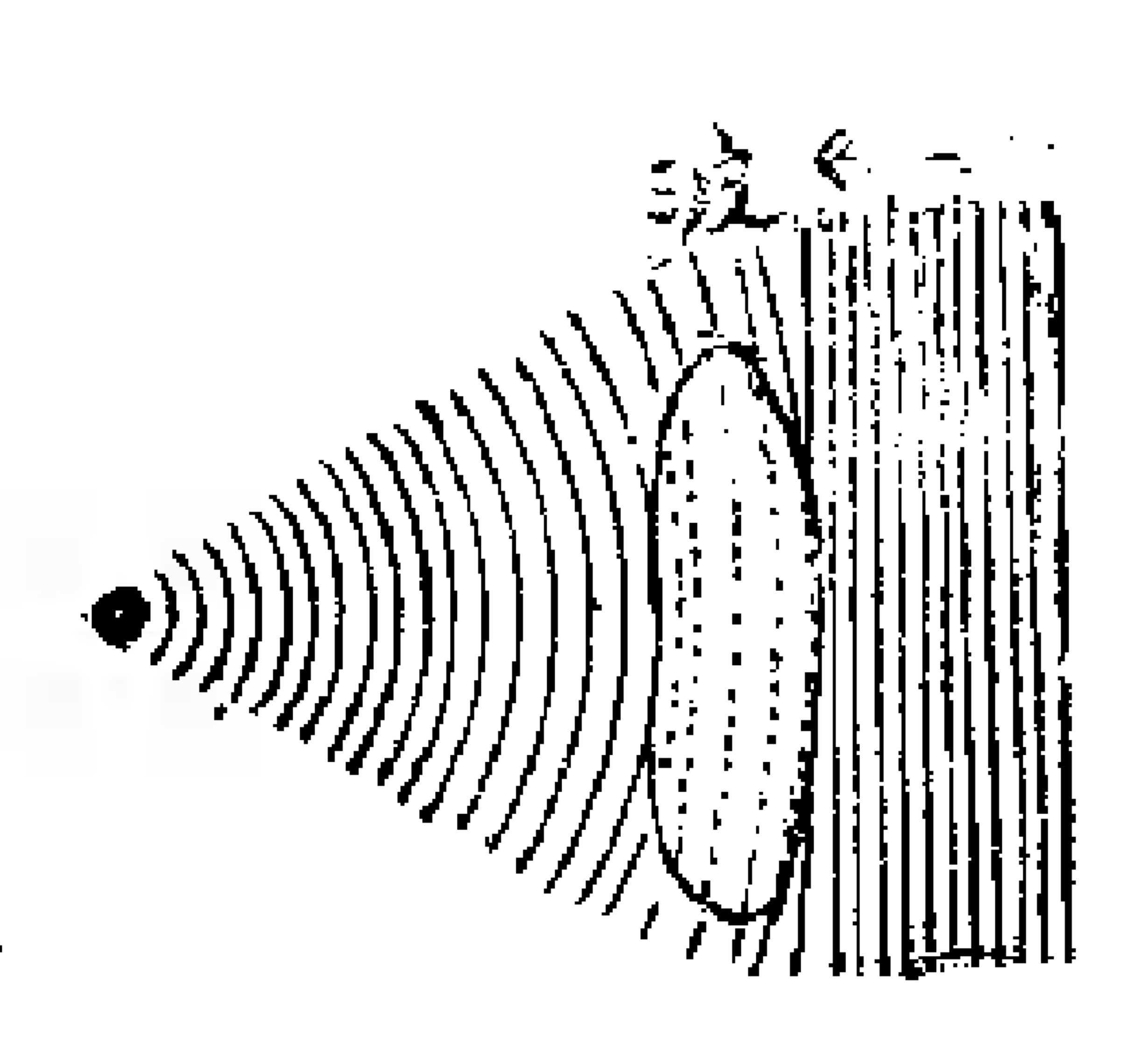
二、反射——光浪達平面上，先至者先反射，次至者次反射，因而成一種相反之波浪，似由相反之一中心點發出；故視其光，亦似由相反之一處傳來。吾人持鏡照面，覺面在鏡中，



即此理也。故以光浪說解釋光之反射，甚爲恰適。

三、屈折——光浪之圈甚大，自其一小部分觀之，儘可視爲平行之直線。經過玻璃鏡後，則逐漸屈折進

行，成爲圓圈，其圓心即鏡之焦點。但何氏謂光之屈折之進行，在稀媒質(rarer medium) 爲速，牛頓則謂在密媒質(denser medium)爲速，各持一說，不肯相下；蓋尙有待於後人之實驗證明，孰是孰非，始可分判也。



四、光色——何氏謂光浪長短不同，故有光色；牛頓則謂光子大小不同，故有光色。皆持之有故，言之成理。但牛頓聲名赫耀，在何氏上，故人咸奉光子說爲金科玉律。百餘年後，湯瑪楊氏(Thomas Young)等起，始證明光浪說之的確，而推翻牛頓之所主張。職是以觀，聲名之於學問信仰上，影響亦殊鉅矣！

第六節　牛頓之萬有引力說及光學數學

牛頓 (Isaac Newton 1642-1727)英人，一六四二年十二月二十五日生，後加里雷倭之卒約十個月。父早

卒，母改嫁，鞠養於外祖母家。幼時，曾入葛蘭曾姆(Gra-ntham)公立小學，但資質平庸，亦不甚用功，受同學之輕蔑，始折節讀書。後成績優越，爲全校冠。氏游戲迥異常兒，以製造機械玩具爲主要娛樂。受課之餘，觀察附近工人之製造風磨，興趣盎然，不肯中止；返校後，則試作風磨之模型；此外更有紙鳶，紙燈等之製作。其技能之精巧，人皆嘆爲難得。

十四歲時，其母之後夫，又不幸捐館，伊挈其後夫三子，返居故廬；爲撙節起見，召同牛頓，佐理農事。然於性不合，好學熱誠，仍未嘗稍減；或試驗水車之轉動於渠澗之間，或從事算學之工作於籬籬之外。母見其如此，復遣之入學，卒畢業於葛校。

十八歲，入劍橋(Cambridge)大學，一六六四年得學士學位，一六六七年充母校數學教授。中間兩年，抱病家居；然其一生之大發明，如微積分(一六六五)，萬有引力說，及光學(一六六六)等，則實發軔於此時期。故其未刊行之筆記中有云：「凡經此兩年病中歲月，實余一生發明之起點；其最能虔誠注意數學與哲學者，亦

無過是時。」

牛頓爲人，謙虛勤毅；反對其學說者，未嘗與之爭論。或詢其何以能發明至理？曰：「思之，思之！以待天曙，漸進，乃獲光明。」又曰，「使余果有微勞於世，非他物致之，勤勞之思想而已。」氏終身未娶，曾爲英上院議員，鑄錢廠長，又爲皇家學會會長，供職凡二十四年。至八十五歲，以疾卒，時一七二七年也。

牛頓爲十七世紀科學界之稀世大哲，關於數理之學，無不深通；然其最大之發明，厥爲下之數事：

一、萬有引力　牛頓讀歌白尼泰軻格拉明卜勒伽里雷倭諸賢之天文學說，發生疑問，謂天體何故爲圓運動，而不循直線進行乎？月何故繞地乎？此種問題，藏之胸中者久矣。一日，見蘋果墜地，又問，蘋果之墜，緣何直下，而不向偏旁乎？氏因假定諸種現象，皆爲萬有引力(Gravitation)所致。蘋果爲引力所攝而墜下，星宿亦爲引力所攝而周行；月球之所以不墜落者，因其能自動也，否則，其必被攝吸至地面上，當無可疑矣。萬有引力其實並非牛頓發明，當時科學家，莫不如此假定，惟牛

頓能實地證明之，並能推廣應用之耳。

牛頓既成立萬有引力說(The Theory of Gravitation)，一六八六年復得運動三律，世稱爲「牛頓運動定律」(Newton's Law of Motion)；此定律亦非彼特出心裁之發明，不過整理昔賢加里雷倭之舊業而已。

第一律——『凡物體，苟無外力加之，以變其位置，則靜者恒靜，而動者恒依直線等速進行，永無止境。』如火車輪船，苟非煤氣之力，則斷不能動。至動者恒依直線等速進行，永無止境，在天文中固屬事實，但地球上則殊難例證，因物體運動時，不能將空氣阻力及物體摩擦力等外力，悉行除去也。

第二律——『凡物體加以外力，則其運動量之改變，與外力成正比例；而其改變之方向，與外力之方向相同』。如引車拖船，引之之力愈大，則其速度亦愈大；而其進行之方向，則與引之之方向同。加里雷倭所發明之拋物線，以此律解釋之極易明白。蓋物拋出後，其經過時間愈長，則其與地面之距離愈近，而終至於落地者，即以其爲外力(萬力引力)逐漸所牽引而向下故。加

里雷侯僅知拋物線之當然，牛頓則更知其所以然矣。

第三律——『凡物體加以外力，則恆起一種相等而相反之動力。』易言之，即主動力必生反動力，二力大小相等，但方向則相反。如繫一石於繩之一端，手執其他端而旋轉之，則石之離心力與手之牽引力等，故其所旋轉之歷程，成一圓圈。又如人跳高時，非脚所能跳，乃地上與其脚大小相等而方向相反之反動力，助之跳也。

地球攝引各種物體，星辰月宿，各遵循其軌道繞地繞日而行，牛頓既證明之。其新定之律，名萬有引力之定律，即後世所稱「牛頓萬有引力之定律」(Newton's Law of Universal Gravitation)是。其言曰：『宇宙物體，互相攝引：一物體攝引他物體，其引力之大小，恆與此二物體質量相乘之積成正比例；而與此二物體距離之平方成反比例』。云何引力之大小，恆與此物體質量相乘之積成正比例？設地球之質量爲M，地球上有甲乙二物體，其質量甲爲m，乙爲m'，則地球攝引甲之力爲Mm，乙之力爲Mm'，甲所受引力與乙所受者相比爲Mm：Mm'即m：m'蓋質量愈大，其所受之引力亦愈大。月

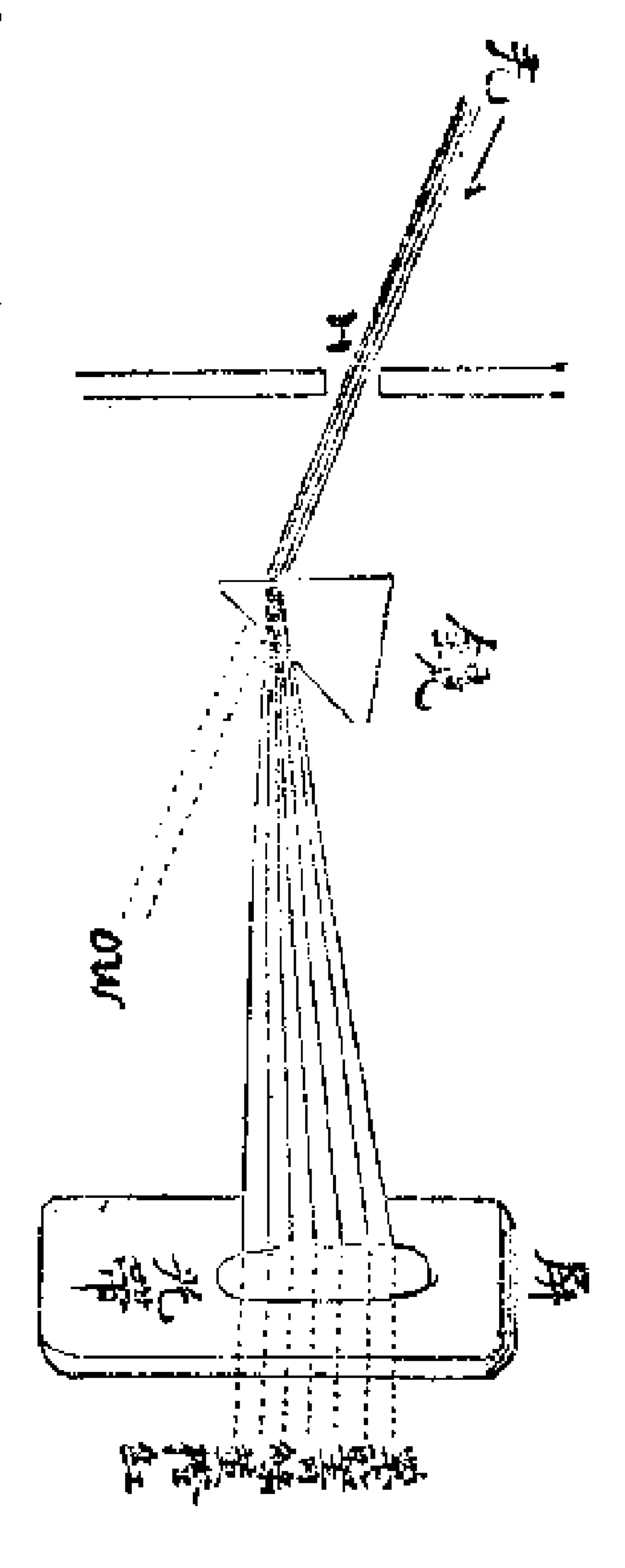
球與地球互相攝引，而月卒爲地所引者，因地之質量，視月爲大耳。云何引力之大小，與此二物體距離之平方成反比例？設地球上有甲乙二物體，甲與地心距離爲d，乙與地心距離爲d'，則甲所受之引力：乙所受之引力＝d'²：d²。高山衡物，較海平面上爲輕者，胥是故也。

萬有引力之公式爲：$f=r\left(\frac{Mm}{d^2}\right)$，Mm爲兩種互相攝引之物體之質量，d爲兩物體之距離，r爲引力常數，f爲引力。此式可解釋任何天體互相攝引之現象。

六十七年之前，天文學家開卜勒，根據其師秦軻柏拉及自己觀察所得之經驗，設爲天體運行之三定律；但此三定律眞正之理由，牛頓始依萬有引力定律，以算法證明之。故脫非牛氏之功，後人之能了解開卜勒之定律者，蓋僅矣。

二、光學　牛氏自計算地球月球相吸引之距離比例，不相符合後，中心懊惱，至屏萬有引力而不譚。其師巴羅(Barrow 1630-1677)者，邀之合著光學書；因此，對於光學遂生濃郁之興趣，潛心研究，而多所發明焉。氏曾作三稜鏡分散光色之試驗如圖：初導日光經窗中

之H孔入暗室，光若不爲他物所阻，其現於屏上之影，爲一形如窗孔之圓點。若置三稜鏡於其間，則光立即離其原跡)w而屈折，所現之影，移至屏之他處，且呈一長而美麗之光帶（Spectrum），色調凡七種，其頂爲爲紫，次爲藍，靑，綠，黃，橙，紅。此種現象，最足惹起牛氏之注意者：卽光線經三稜鏡，則所射於屏上之影爲長點，去三稜鏡，則爲圓點。氏用種種試驗：(a)使光經過較厚之鏡面；(b)變更光線射入之角度；(c)易玻璃之質料，代以其他之結晶體；皆不得其故。最後將

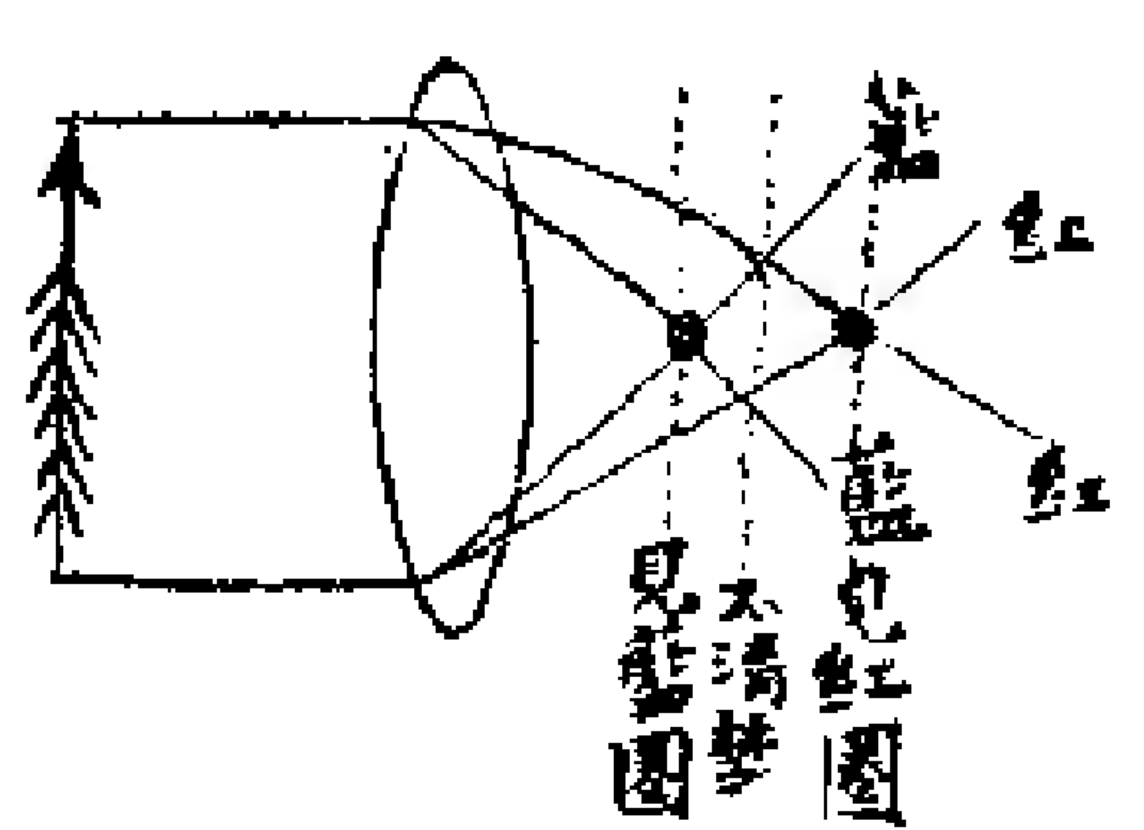


三稜鏡置遠置近試之，始證明其爲鏡與光線射入處之距離之關係，距離愈遠，則其影愈長，愈近則愈短。

氏又取其分析所得之紅光，再使之經過三稜鏡，結果仍爲紅光，不能再分；取藍光及其他各種光試之，結果亦然。氏因得結論：謂，紫，藍，青，綠，黃，橙，紅，七者，爲單純之光，白光爲此七者所混合而成。至三稜鏡之所以能將白光分散成各種顏色之光者，因各種顏色之光，其屈折角度之大小不同故。氏考得紅光屈折角度爲最小，次爲橙，次爲黃，次爲綠，次爲青，次爲藍，紫光則最大。

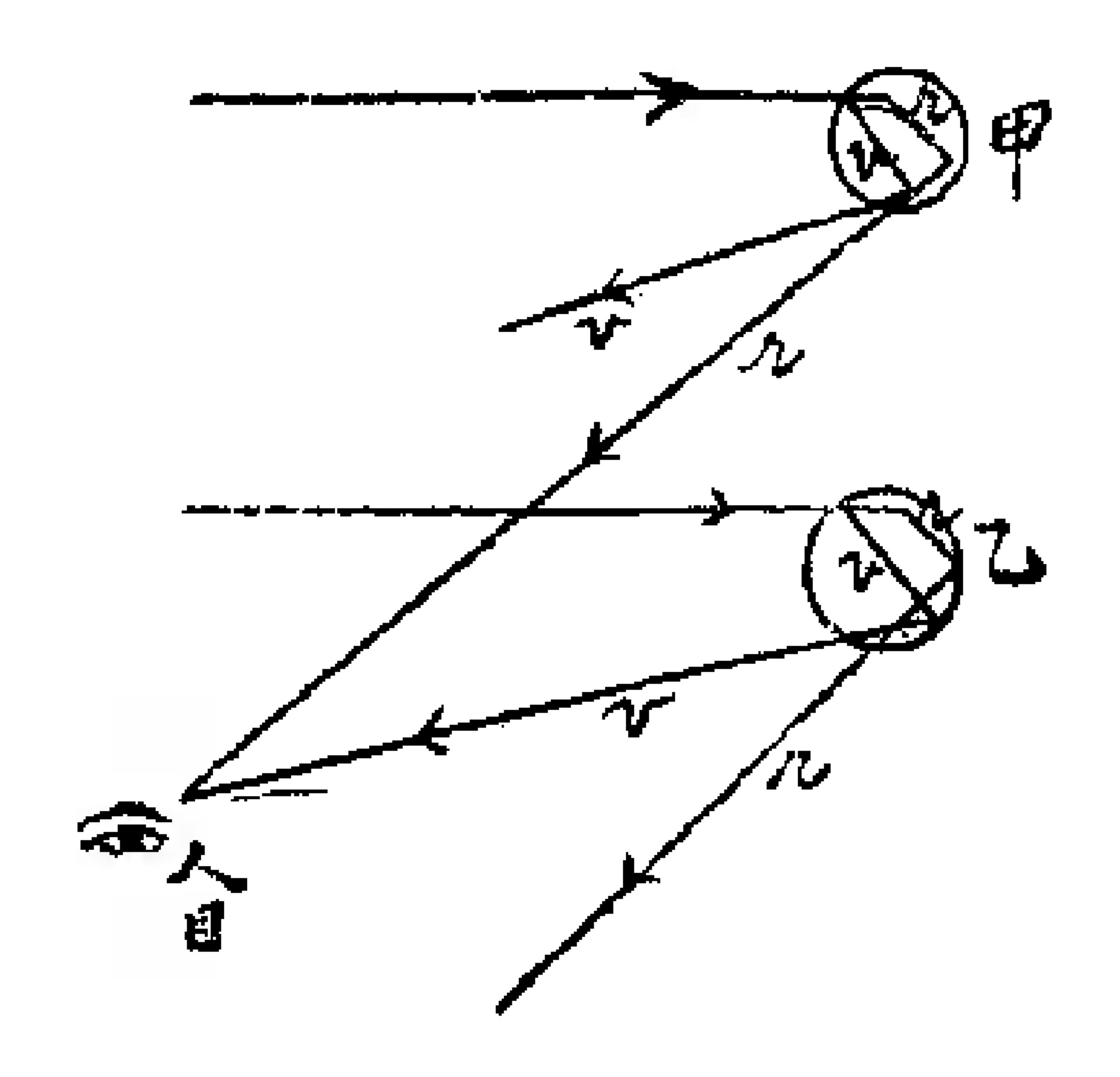
氏既明光色現象之理，乃應用之以解釋其他之事物。望遠鏡中，有時見藍色圈，有時見紅色圈，有時模糊不清；當時之人，羣以爲望遠鏡製造之不良。氏則謂否，此乃各種光色屈折角度不同所致。角度不同，其焦點當然各異；故如觀察對象正在紅之焦點處，則見紅圈，正在藍之焦點處，則見藍圈，不在焦點，則模糊不清。然氏欲彌此種之缺陷，後更發明平面反射望遠鏡，合銅與錫磨成一凹鏡，面極光澤。當物體爲此鏡所照及時，其像

則現於此鏡之焦點；無論何色，既經鏡之反射，率得同樣之顏色。氏當日所手製者，保存於皇家學會中，



其鏡管之直徑，不過一英寸，至一八四五年洛史（Lord Rosse 1800-1867）始放大至六英尺云。

樂哲培根曾言虹爲天體之一種現象，但虹何以有



各種顏色，則未之及。迨牛氏始以光帶之理解釋之；謂

日光射入雨點，因各種光色屈折之不同，故現出種種之顏色。例如，日光射於甲乙二雨點上，紅光(r)屈折小，紫光(v)屈折大，而二點中所屈折之紅紫線相交，人目若在其相交處，則見一紅像一紫像，與三稜鏡所分析者，毫無區別。其他各光色亦然。

牛氏於光性問題，主張光子說(Corpuscular or Emission Theory)。謂光係無數光子所集合，光子小而且輕，富有彈性，凡屬空間，無不存在。自發光體注射，依直線進行，速率甚大，每秒可行三〇〇、〇〇〇粁。如射至玻璨上，立即反射，其反射之角，等於投射之角。如射至水面上，則呈屈折現象，因水之分子吸引光子故。而光子有大有小，各不相同，光之所以有色別者以此。據其當時所得之證據，以解釋光之四種特性，雖不及何依根光浪說之圓滿，然亦不無可取之處。故耶魯大學物理教授彭斯德(Bumstead)謂『牛頓百年後，光子學說所以盛行者，非賴於牛頓之盛名，乃由其說之近理耳』。

三、數學 牛氏對於數學上之貢獻，其重大不亞於

天體力學。於數學研究之精微，前人實無其儔匹。於純粹幾何中，無新方法之發明，但難題之久懸疑案者，則解決無算。於代數，則創立二項式定理，並倡導文字指數(literal indices)之用法。於解析幾何，則倡導代數曲線(algebraical curve)與超越曲線(transcendental curve)之分類，並確定漸近線(asymptates)複點(multiple points)，單獨自閉線(isolated loops)等之基本的性質。其最大之發明，厥爲正變數法與反變數法(the direct and inverse method of fluxion)，成於受劍橋學位之次年，其術卽後之微積分學也，不過其符號法，較爲笨拙耳。

牛氏著作甚多：天然哲學之原理(Principia Philosophie Naturalis Mathemtica)刊布於一六八七年，光學刊布於一七〇四年，天算刊布於一七〇七年，級數微分之分析與差度法刊布於一七一一年。此外尙有數種，謝世後，始付剞劂。

第八章　十八世紀之科學

第一節　近世化學之成立

十八世紀之科學，最令人驚心動魄者，即為化學之進步。前世紀英人梅約，研究燃燒，有火氣之發見；但不幸早卒，而火質論又風行一時，故其理論，遂蘊而莫傳。至是，學問家繩繩相續，後先興起，始將其理論，發揮而光大之，多方試驗，事實羅陳，近世化學，於以成立焉。茲述其大概於後：

一、孛拉克(Joseph Black 1728-1799)

孛拉克英之醫士，生於愛丁堡(Edinburg)城，曾為格拉斯高(Glasgow)大學教授。於物理多所發明，於化學彌深研究。一七五四年，以試驗炭酸鎂之成績，得博士學位；其試驗結果，有下列六項：

(1)炭酸鎂加強熱，則得養化鎂。

(2)炭酸鎂加硫酸，則得硫化鎂，並生氣泡。

(3)養化鎂加硫酸，亦得硫化鎂，但不生氣泡。

(4)硫化鎂溶液和炭酸鉀，則沉澱為鎂溶液，蒸發

成硫化鉀。

(5)輕炭酸鉀泡加酸，不生苛性。

(6)輕炭酸鉀泡加硫化鎂，則成苛性。

氏就(2)(3)兩項，以爲炭酸鎂與養化鎂之區別，在氣泡之有無，因名此中之氣曰『固定氣』(fixed air)，遇酸類則分解而出。(1)項加强熱後，重量逐漸減輕；亦足徵此氣之逃逸。(2)(4)兩項，則證明以輕炭酸鉀之力，養化鎂可變爲炭酸鎂，以輕炭酸鉀中具有固定氣也。(5)項則證明輕炭酸鉀與苛性之不同，在固定氣之有無。(6)項則證明由鎂之作用，可使輕炭酸鉀變爲苛性。

氏又以石灰試驗：

(a)石灰石(燒)→石灰　石灰＋水→强鹻性溶液

(b)石灰石＋酸→溶液＋氣◎

(c)石灰＋酸→溶液(無氣)

用(b)(c)反證則　石灰水＋所得氣→白色沉澱（即石灰石之分子)

由此，知石灰石中亦含有固定氣。又用竈灰水試驗：

饠灰水＋石灰水→白色沉澱＋强鹻性溶液

饠灰水＋酸→氣◎

由此知饠灰水中亦含有固定氣。職是之故，氏益信固定氣（卽無水炭酸CO_2）之存在，至所以如此名之者，因其固定於物體中，必加以酸類而後才能放出也。以前化學家，鮮有知氣體之有區別者，以爲廣宇悠宙之氣，皆屬一類；自孛氏固定氣發見後，人始知尙有其他氣體，與通常空氣異其性質者焉。

固體液體，形質具在，收集匪難；氣體則不易捉摸，稍縱卽逝。而孛氏當時，又祗用水槽以集氣，故其試驗，煞費苦心矣。

二、柏利斯力(Joseph Priestley 1733-1804)

柏利斯力英之斐爾賠德(Fieldhead)人，織人子也。少孤，育於姑家，曾入新教學校肄業。畢業後，出爲尼特姆市(Needham Market)傳教師，意旨與衆不合，去之。一七六一年受渥凌頓(Warrington)某校之聘，充文學論理學等科敎員。美電學家弗蘭克林者，聞氏善著述，訂爲文字交，並屬氏修電學史。書既成，大博當時學問家

之贊賞；一七六六年被舉為皇家學會會員，後更被舉為法國科學社社員。一七一二年為男爵舍爾彭 Lord Shelburned) 所招致管理圖書，事簡俸豐；公務之暇，常肆力於化學試驗。後以聲譽日隆，得與鄂爾頓 (Boulton) 瓦特衞治嶠(Wedgwood)達爾文戈爾頓(Galton) 拉厄謝諸賢往來，極一時之盛。惟氏革命思想，與保守派相牴觸，卒遭禍害；一七九一年乃去父母之邦，而留寓於亞美利加合衆國焉。

柏氏嘗於水槽之收集氣體，易使氣體溶入水中，因改用汞槽以代替之。所發見之物質甚多：如以海酸(marine acid) 加熱，而得鹽酸；硫酸油加熱，而得二養化硫(SO_2)；角精(Spirit of hartshorn)加熱，而得阿摩尼亞(NH_3) 螢石與硫酸加熱，而得氟化輕(HF)，然其最占重要之發見，厥為養氣。一七七四年八月一日，氏以一管盛養化汞(卽三仙丹)，倒置汞槽中，聚光熱之。結果，汞仍為金屬本質，另發生一種氣體。觸之以火，光燄倏然倍增；嗅之以鼻，精神頓覺爽快；置鼠其間，則活潑情態，逈異尋常。因名此種氣體曰「純空氣」(Pure air)，

又名之曰「脫火質氣」(dephlogisted air卽養氣)。謂此氣之本身，完全無火質；其所以善於燃燒者，以其有誘致火質之特性。蒲柏氏始終擁護火質論，晚年猶著一書曰火質論成立之主旨(The Doctrine of Phlogiston Es-ablished)，足徵其信仰之堅强矣。

三、羅宿罘(Daniel Rutherford 1749-1819)

羅宿罘愛爾蘭人，柏利斯力之高足也，一七七二年發見一種氣體，以燭火入之，隨卽熄滅；以蟲鳥入之，未幾斃斃。因名之曰「火質氣」(Phlogisticated air)，卽後世之所謂「淡氣」(Nitrogen)；其性質與「脫火質氣」相反。氏謂空氣非純粹原質，其中一部分爲「脫火質氣」，餘一部分爲「火質氣」。"Nitrogen"之一字，根源於"Nit-er"因硝酸中含有此氣故。拉瓦謝則另有一名詞，稱爲「阿蘇打」(Azote)，法國化學家，至今尚沿用Azote之一字，及原質記號AL云。

四、愷文迭希(Henry Cavendish 1731-1781)

愷文迭希英人，家故顯宦，且雄資財；氏好學不輟，視名利如敝屣。肄業劍橋聖彼得大學，於算術物理，造

詣獨深。畢業後，居倫敦，日以窮理試驗爲事；雖所其實驗室也，樓榭其天文臺也，營營縈縈，未遑寧處，所供獻於科學界者甚鉅。惟孤僻性成，不與人來往；研究所得，亦秘藏唯謹，未肯輕以示人；其不甚知名於世者，殆爲是耳。

李拉克既發見固定氣，愷氏更進而研究此氣之性質。謂其體，視尋常空氣重一倍半，在同容積之水內，可以溶解，但水熱至沸騰時，則又逃逸而出。愷氏於一七六六年以金屬加酸，曾發見輕氣，當時稱爲「可燃氣」(inflamable air)。著論文報告皇家學會，謂：此氣較空氣輕，極易燃燒，如與二倍容質之空氣攙和，觸之以火，旋即爆作。氏以爲此氣卽純粹之火質，蓋金屬之與火質化合者，其根經酸後，必與火質分離，此氣亦有同樣之現象(鐵灰＋可燃氣→鐵)，故遂深信弗疑也；然而謬矣。

愷氏生平最重大之發見，允推水之成分。其試驗方法：以輕氣二倍之積，與養氣攙和，貯玻璃管內；另用一玻璃罐，先將其中空氣抽去，然後與管連接。將罐之

活塞打開，管內攙和之氣，即被吸入罐內；隨將塞扃閉，通以電花，管內攙和之氣，即化合成水。如此屢次開閉，並通電花，直至氣耕爲止；所得水之重量，與攙和氣之重量，兩適相等。由此知水之爲物，乃輕二體積與養一體積化合而成者也。此著名之發見，係在愷氏臨歿之一年，後有謂爲拉瓦謝所發見者，有謂爲瓦特所發見者，第現已徵實其非是矣。

五、舍勒(Karl Wilhelm Scheele 1742-1786)

舍勒瑞典人，家亦貧，父以負販爲生。氏初入私塾，繼入高等學校，資斧闕，中道廢學。傭於藥肆爲藝徒，耳濡目染，頗知和劑驗方之手術，及化學上之物質名稱。工餘飯後，常作種種之化學試驗。肆主鮑赫(Bouch)者，寬容大度，未嘗稍干涉之也。後爲瑪爾摩(Malmö)及斯篤亨(Stockhelm)等處藥徒，試驗孜孜，興趣更濃。一七七三年著論氣與火(On Air and Fire)一書，一七七五年被舉爲瑞典科學社(Swedish Academy of Science)社員，越明年，柯柄(Köping)藥學校聘之爲教授，名聲鵲起，各國爭欲羅致之。惜不永年，僅四十五而卒。

舍氏於化學上所發明之物甚夥：有機方面；有蓚酸(Oxalic acid)，檸檬酸，乳酪酸，鞣糖酸(Tartaric acid)，蘋果酸，乳糖酸，五倍子酸(Gallic acid)，焦性五倍子酸等。無機方面；有綠氣，弗氣，養氣，錳養，鋇養，鹽酸，弗酸，鉬酸，鉀酸，矽酸，硝養硫酸等。此外又發明青輕酸，輕化矽，綠矽顏料，燐，錳汞，以太，鹼性炭酸鎂，等製造之方法。

舍氏之發見養氣，在一七七三年，較之柏利斯力之發見「脫火質氣」，實早一年。特其論氣與火一書，擱至一七七五年，始獲殺青；故發見之偉功，遂屬之於柏氏耳。

六、拉瓦謝(Antoine Laurent Lavoisier 1743-1794)

拉瓦謝法之巴黎人，家世貴顯。幼肄業於麻札蘭(Mazarin)學校，多得名師，對於化學教授路愛爾(Rouelle)最爲心折，故尤傾向於化學之研究。一七六六年著文論城市燈火問題，法國科學社，獎之以金章，翌年，更被選爲該社社員。後涉身政界，一七七五年爲火藥製造督理，一七八五年爲農事委員，越二年爲奧林(Orle-

ans）省代議士；前後多所建白。第爲革命黨人所怨恨，卒於一七九四年四月被害，殊可悼也！

拉氏對於化學上之供獻，不在其有奇特顯著之發明；而在其能將數百年來舉世奉爲天經地義之學說，根本推翻，並將當代學者所發見之物質，釐而正之，造成至理也。茲略述之：

1.闢火質論　火質論者，謂物之所以能燃燒者，富有火質故。燃燒時，火質逸逃，所見之形爲焰，所剩之質爲灰。然其所注意者，僅性之異同，而量之增減，則未之及。拉氏既不信火質論，欲以辟闢之，特致力於量的方面之試驗。科學真精神，偏於數量之估定爲多，氏固已洞察此理也。氏初用玻璃瓶一，中盛以錫，緊閉其塞而燒之。未燒之先，衡得瓶與錫及瓶內空氣全體之重量爲甲（瓶＋錫＋空氣＝甲），燒後復衡之，其重量仍爲甲，毫未改變，但啟其塞，則重量增加，變爲乙（瓶＋錫＋空氣＝乙）。若依火質之說，活塞既開，火質逃逸，其重量理應有減無增；今竟適得其反，

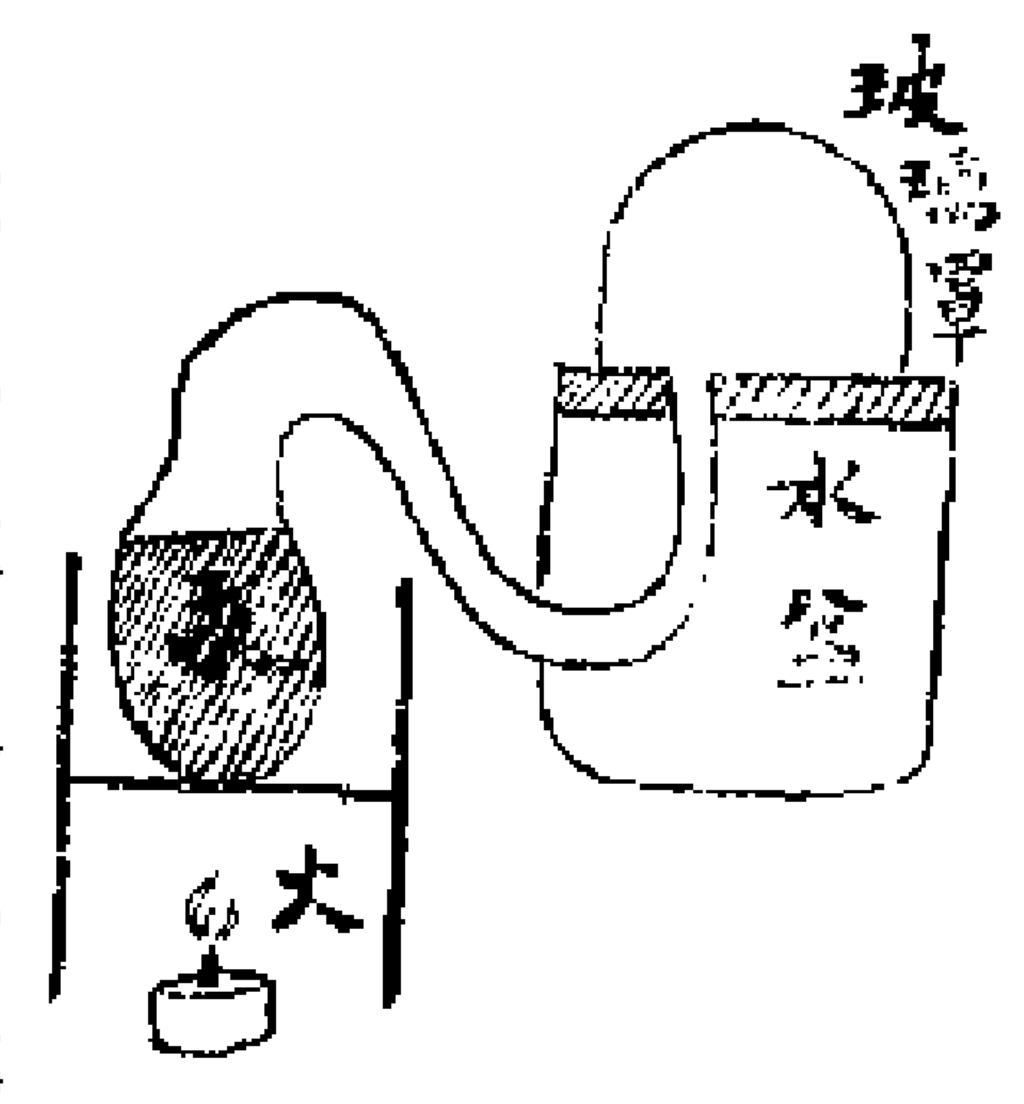
活塞
錫

由是火質論遂完全瓦解，無復立足餘地矣。至重量之增加，氏謂爲外界空氣之侵入。氏嘗用養化鉛試驗，當養化鉛變成金屬時，通入空氣，金屬之重量，視養化鉛爲大；又用硫燐燃燒，爲同樣之試驗，亦有同一結果；故有是云。

2.關物質互變說　鍊金派之化學學者，謂物質可以互變，盛水壺中，熱之至涸，剩有渣滓，是卽水變爲土之證。拉氏亦根據實驗，辭闢其誕。其試驗方法：取一蒸溜瓶，中貯蒸氣，冷後緊閉瓶口，衡得其重量若干，乃燃火蒸之。自一七六八年十月二十四日始，至翌年二月一日，共蒸一百日，見有固體呈現始止；再衡其重量，與初無殊。氏多方考究其原因，詳細分析其重量。結論，謂：水中渣滓，爲瓶質之溶解所致；瓶質之溶解，有一定之限量；水雖蒸溜，其質不變。由是物質互變之說，破綻悉呈，不攻而降矣。然拉氏定物質之變化，以衡稱重量爲唯一之方法，則又當今分析化學之先河也。

3.養氣之試驗　一七七四年柏利斯力來遊巴黎，拉氏宴之，談次，知柏利斯力用養化汞燃燒，曾得「脫火

質氣」,因即刻試驗。其法:取一曲頸甑,一端盛汞,另以玻璃罩覆水盆內,而使甑之他端,伸入罩內,以通空氣。於汞端燒之,見罩內水面,逐漸上昇,愈燒愈高,經七日後始止,此時汞已變成紅灰。乃計算罩內所昇之水量,而得知罩內所失之氣量。另將紅灰倒出,再以強烈火力燒之,結果,一部



分變爲汞,他部分變爲氣,此氣用物承受之,量其容積,與罩內所失去之氣適相等,且此氣格外助燃。因此謂空氣中有一部分爲助燃體。後又將硫黃及黃磷在空中燃燒,均有一種酸氣,因謂酸中皆有一部分助燃體,而名此助燃體曰「奧克席金」(Oxygen 養氣),譯言酸素,是即氏之酸素學說(Oxygen Theory)也。

4.淡氣之試驗　拉氏試驗空氣中除酸素外餘一部分氣體,於生命有妨,因名之曰「阿蘇打」(Azote),意爲「去生命」,即今所謂淡氣是。

5.輕氣之試驗　拉文迭希謂水爲可燃氣的養氣化合而成。拉氏根據其試驗，更爲翔密之考察，名可燃氣爲水素(Hydrogen)；今人以其體量最輕，故以輕氣稱之。

6.炭酸之試驗　李拉克所發見之固定氣，氏以爲此氣必含養氣與炭，以其由空氣中燃燒木炭而得者也。乃於養氣中燃木炭，果得固定氣。分析之，知中含養氣百分之七二，炭百分之二八，遂名此氣爲炭酸(Carbonic acid)。後用大凸鏡，燃燒金剛石數枚，結果亦得炭酸，故又謂金剛石亦爲炭質。

7.化合物名稱之釐定　拉氏於一七八二年起，將化合物之名稱，給以一定之語尾，至一七八七年報告結果。正酸爲ic，如硝酸 Nitric acid；亞酸爲ous，如亞硝酸Nitrous acid；正酸鹽爲ate，如硫酸鉀 Sodium Sulphate；亞酸鹽爲 ite，如亞硫酸鹽 Sodium Sulphite；單質化合物爲 ide，如養化汞mercuric oxide；等等。

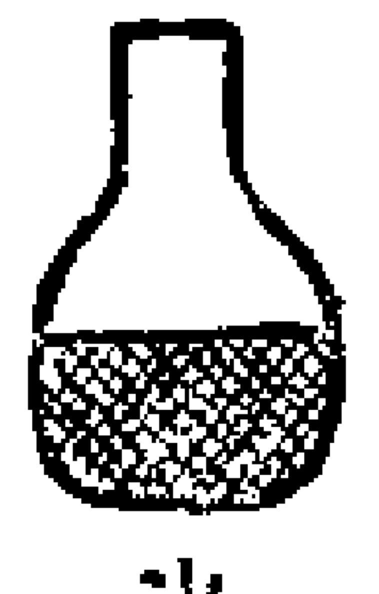
8.燃燒原理之總結　火質論既打破矣，數百年來所積壓之燃燒問題，其原理究爲何若？拉氏總結之如

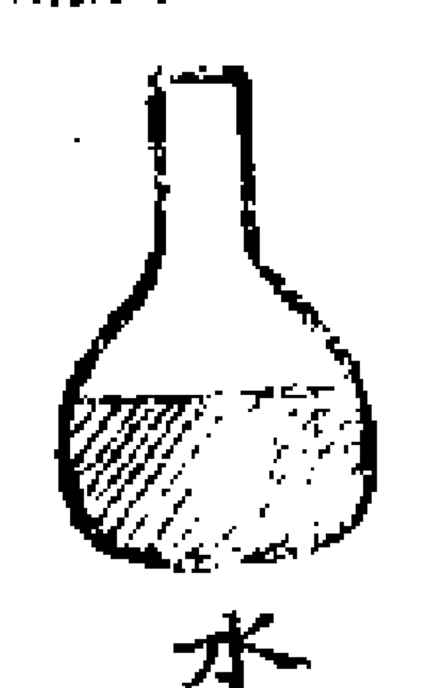
下：(a)燃燒必含有光熱；(b)物質非養氣，決不能燃燒；(c)燃物所得之重，與空氣所失之重相等；(d)物經燃燒後，恆變爲酸，如係金屬，則化爲灰。

拉氏鄰清旣往，啓拓未來，爲化學界開一新紀元，人稱之爲近世化學之開山，殊當。惟其酸素學說，謂凡酸類中，俱含養氣，與牛頓光子說，謂光之傳達爲光子者，同一謬誤。而時人崇信弗疑，直至兌維（Davy 1778–1829），始掊擊其非。職是以觀，凡一種學說，風行得力時，吾人亦宜詳加考慮，切不可完全信之；蓋無論如何，其中必帶有一二分未盡可靠之事實也。

第二節　熱學近世觀念之起源

熱學近世觀念，實起源於李拉克研究沸騰與結冰現象之結果。李氏初研究結冰現象：法取玻璃瓶二，一盛冰一磅，一盛水一磅，均在零度，同時置於平均溫度約八十五度之室內。半小時後，冰溶解一部分，而仍爲零度，水則增高至四度。十小時半後，冰完全溶解，溫度增至


冰


水

四度，水則比前更增高若干。氏算得冰變爲水，其所需之熱，爲水由零度至四度時所需之熱之八十倍，其比例爲 80:1。然冰變爲水時，其溫度雖逐漸增加，而熱則隱而不見，究何故耶？氏謂此種熱爲隱熱（Latent heat）。

氏次研究沸騰現象，法以玻璃瓶盛水，蒸之爲汽，開口時，溫度永爲一百度。若將口閉住，則溫度達百度達百度以上，但不見沸騰。氏謂此亦係隱熱之作用。（其實非是，其遲遲不沸騰者，蓋由於瓶內壓力增高，而沸騰點復與壓力成正比例故也）。

氏既發見隱熱之性質，又研究比熱（Specific heat）之測量法，瓦特蒸汽機之發明，受助於彼者，蓋良多也。

就當時試驗所得之事實而言，以熱爲一種物質之理論，似極有可以成立之可能。物理學家欲解釋此種物質之性質，於是創爲二說：其一爲熱子說（Caloric Theory）；謂熱有熱子，與光之光子，其性質相髣髴。如沸水衝至冷水中，冷水變爲溫水，即熱子傳遞至冷水之故；鐵燒紅後之所以漲大者，即熱子數目增多之故。其二爲

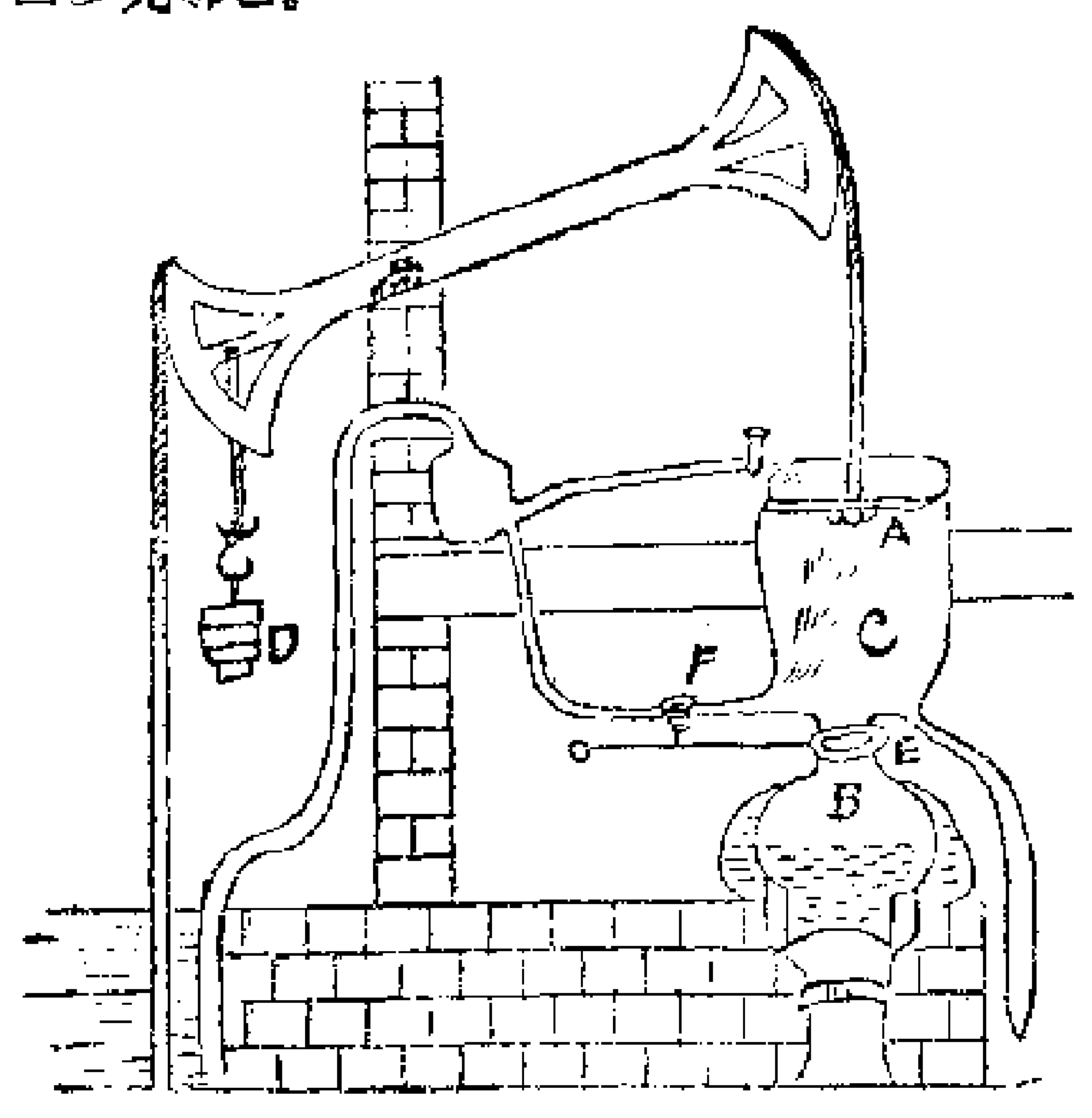
運動說(Motion Theory);反對前說,謂熱必由運動而生,鐵燒紅後之所以漲大者,運動之故,並非有所謂熱子傳入其中;蓋祇見其形狀之漲大,而其重量則未嘗增加也。但由事實上觀察,所謂熱者,既無普通物質之重量,又無普通物質運動所必有之慣性。故於二說,均不甚相信;不過取熱之緊要之關係,作算術之推算已耳。

第三節　蒸汽機之發明

一、牛孔門(Thomas Newcomen生一七〇〇之頃)

牛孔門英之數學家,亦蒸汽機發明者之一也。蒸汽機之鼻祖,允推希臘數學家兼機械師溪羅(Hero of Alexandria),紀元前二百年,著溪羅氣體學一書,略言蒸汽機之原理。自是以後,至十六世紀,無甚發明。一六〇六年答拉坡他(Giovanni Battista Della Porta)製一機,以甑注水,發生蒸汽。一六一九年考士(Solomon De Caus)另創一法,以蒸汽噴泉,壓水而上。一六二九年勃蘭喀(Giovanni Branca)製一與水車相彷之蒸汽機。一六六三年山茂塞(Edward Somerset)宣布蒸汽機改造之理論,謂依據坡他之模型,須增加二排水箱。一六九

八年薩外禮(Savery)將以前之蒸汽機，加以改造，製一吸水機，英政府准其專利。是後，凡鑛場吸水，城市自來水，等等，無不利用之。一七〇五年法人巴賓(Papin)更就薩氏之所製，益加改良；發明活塞，活瓣，安全活瓣，及內藏火箱之鍋爐等。迨牛孔門出，採取薩巴二氏之長，製成「牛孔門蒸汽機」；瓦特之蒸汽機，卽根據此而改進者。人咸知蒸汽機爲瓦特所發明，而不知瓦特之前，固多先導也。



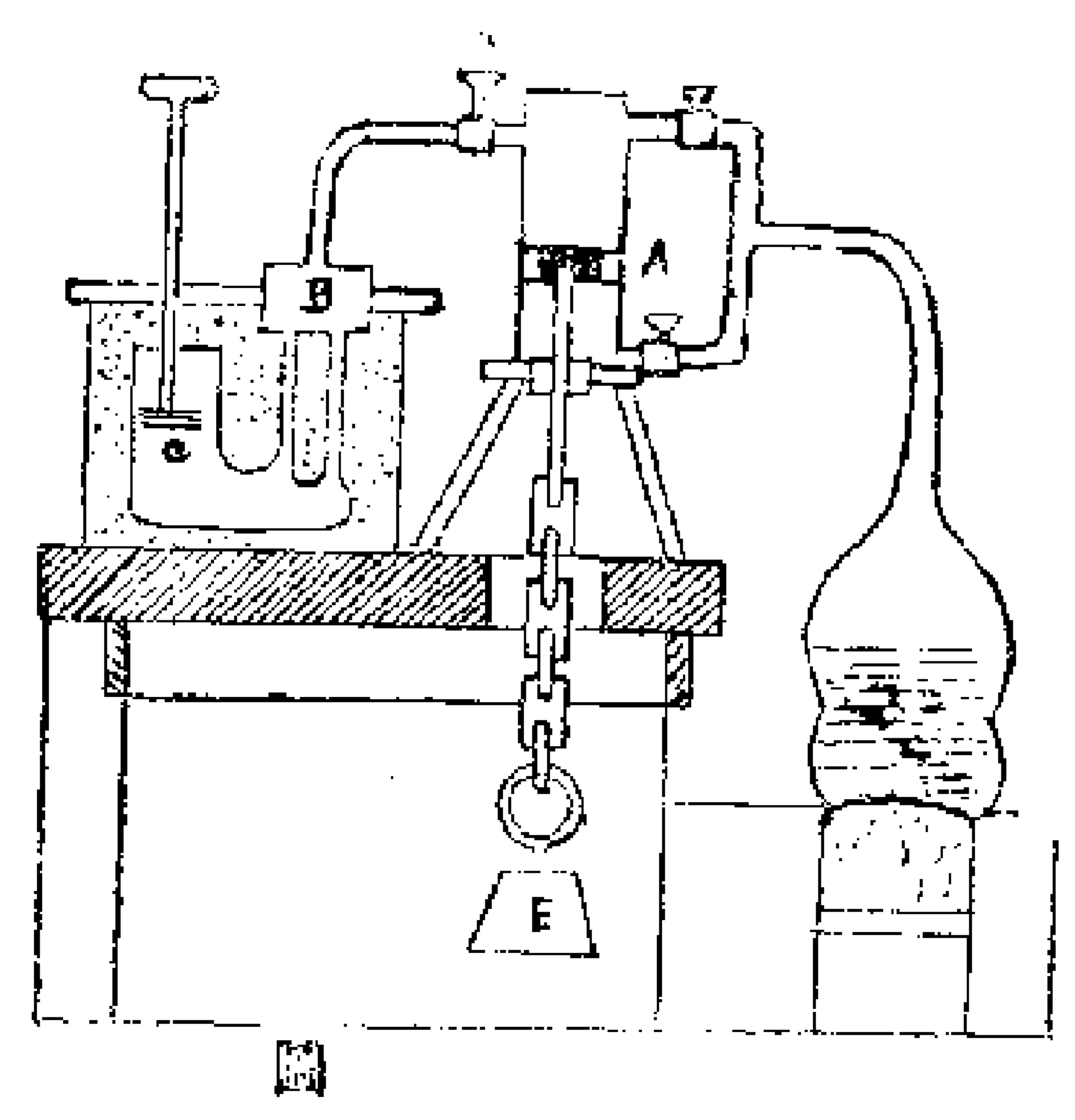
牛孔門蒸汽機之構造：如圖，活塞A繫於橫梁之一端，梁之他端懸一重物D。蒸汽由鍋爐B，入汽櫃C，推活塞使上升。將活瓣E閉住，而打開活瓣F，則冷水噴入汽櫃，將蒸汽凝結爲水，而降回鍋爐；於是汽櫃成爲真空，而活塞則受大氣壓力而下墜。二次再進蒸汽，將方凝之水，用活瓣排出。此機只能用以吸水，與薩外禮所製者無別，但吸水之高度則此勝於彼耳。

二、瓦特(James Watt 1736-1819)

瓦特蘇格蘭之格林納克(Greenoch)人，幼年體質羸弱，常爲病魔所擾，但好學性成，潛修弗懈。十五歲，攈研自然哲學及解剖學，後又專究天文學數學等。一七五六年，格拉斯高大學，聘之爲數學儀器製造員；因得與化學教授畢拉克，物理教授魯濱生(John Robinson 1739-1805)相接近，學業大進。兩教授亦甚器重之，引爲益友。晤談之際，三人者常討論改良汽機，以應當日煤礦中之需要。一七六四年，會校中有牛孔門舊汽機，令瓦氏修理，瓦氏發見其缺點，思有以改進之，於是有凝結汽機(Condensing Steam Engine)之創製。瓦氏乡

才廣藝，不僅以汽機之發明見稱：一七七二年創壓力表(Steam indicator)，當抽幹上下或前後動時，此表自記，以示汽之壓力及壓力與容量之比例；一七七四年，改良四分儀；一七八四年，發明汽動鏈及火車頭(Locomotive)；不久又發明消煙器。因之瓦氏名震一時，皇家學會舉之爲會員，並贈以法學博士之學位，法國科學社亦聞風嚮慕，以社員之資格畀之；蓋極光榮之至矣。卒年八十有四。

瓦氏謂牛孔門蒸汽機最大之缺點，即汽櫃一冷一熱，蒸汽浪費太多。渠以汽櫃應常保持其熱度，一如蒸汽之初入汽櫃時。於是遂添置一凝汽櫃(Conden-



圖

ser)，與汽櫃相隔而相通。當蒸汽在汽櫃中工作之後，卽導入凝結櫃中，加冷水於櫃外或櫃內，使之凝結。後渠又添置一抽氣筒，用以抽去櫃內之蒸汽，水，及空氣，使之成爲眞空。如圖一：A爲汽櫃，B爲凝結櫃，C爲抽氣筒，從活塞上端注蒸汽於汽櫃中，將C上下抽，使B成眞空。啟活瓣D，蒸汽由A入B，被冷水凝結；於是活塞上升，而將重錘E提起。此爲其試驗之儀器。

一七六九年，瓦氏以其所改良之單動機，呈請政府，得專許權。其製法如圖二：C爲凝結櫃，A爲抽氣筒，P爲抽氣筒桿，a爲蒸汽活瓣，b爲平衡活瓣，c爲廢汽活瓣。當活塞下墜時，啟c使活塞下面成眞空，而啟a，使蒸汽入於其上面。活塞既下墜後，a，c，均閉，而開b，使活塞上下之壓力平衡。同時P，引活塞上升；A將凝結之水，吸至熱池H；復由唧筒F，吸之入汽鍋。

然此尙不過就牛孔門之所製，大加改良而已；至一七八二年瓦氏復發明雙動機 (double action)，活塞上下，卽可使蒸汽與眞空互相交換；於是蒸汽機益增美備，而其作用，則推廣至於交通上，工業上，鑛業上，農

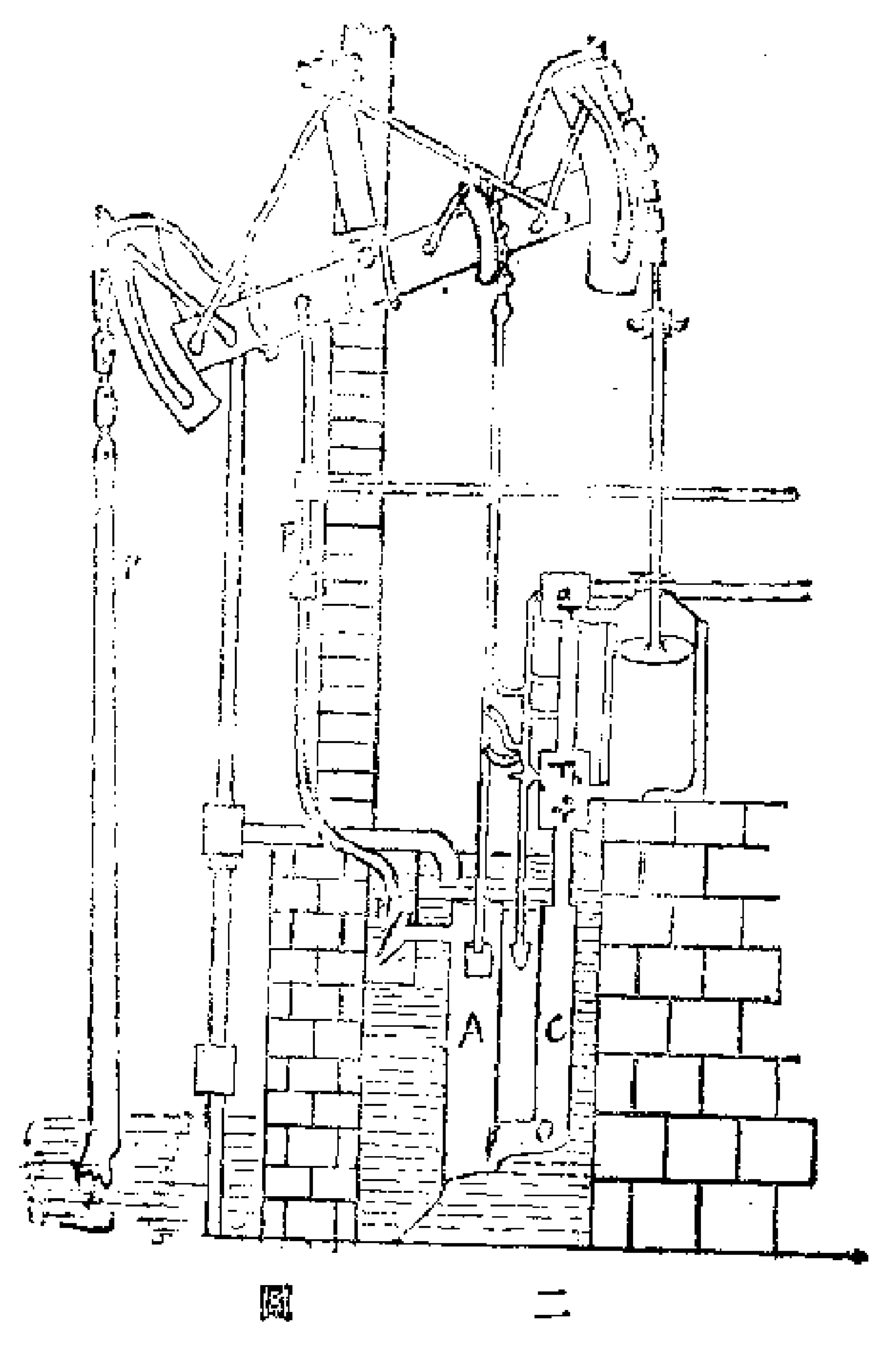


圖 二

業上；世界生活，爲之一變。一八二七年富爾敦應用之

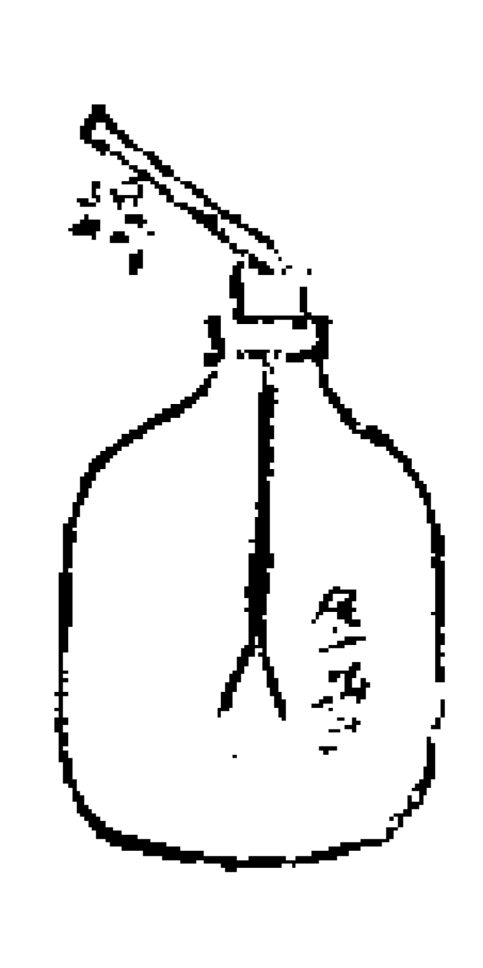
以造汽船；一八二九年史蒂芬生 (George Stephenson 1781-1848)應用之以造鐵路機車(即火車頭)；一八八四年巴森氏(Charles Parsons)應用之以造循環動機 (Steam turbine 即汽輪)；其尤著者也。

三、富爾敦(Robert Fulton 1765-1815)

富爾敦美人，十七歲至斐勒德爾斐亞(Philadelphia) 業手民。一七八六年遊倫敦，從韋斯德 (Benjamin West)習圖畫。未幾，轉而研究機器。一七九三年起，日思以蒸汽機應用於船舶上。後四年，旅居巴黎，實行其計畫，試驗於色因(Seine)河濱，但不幸失敗。一八〇六年遄返紐約，購瓦特式之機器，重造一汽船，一八〇七年試驗於赫貞(Hudson)江上，一時間之速力，約五英里，定期航行於紐約與亞爾奔尼(Albany)間，是爲第一次之大成功。爾後，益加改善；渠謝世未久，凡巨船大舶，莫不以蒸汽爲運轉之原動力焉。

第四節　電學近世觀念之起源

自祁爾伯特發明電力後，十七世紀絕少進步，研究者，寥無幾人。格爾克(Von Guericke)依祁氏之暗示，用



貓皮摩擦漆桿,使生電;而於驗電器(el-ectroscope)內銅絲之下端,繫金葉二片。以電桿觸驗電器,則二金葉向左右分開。蓋其所感之電,性質相同,故互相推拒。此即後來發電機械之張本也。其試驗結果,曾於一六七二年刊布。

迨十八世紀,電學進步突迅,而近世觀念,從此起源焉,茲略述其崖略:

一、葛雷(Stephen Gray ?-1736)

葛雷英人,一七二〇年試驗,以髮絲或羊毛,與紙互相摩擦,謂能生電。一七二九年,發明數種物質之能導電;並謂物質之爲良導體與否,不在物質之屬性,而在物質之組織;人體亦良導體之一種也。一七三〇年,與其友人惠樂(Wheeler)以附絲之繩傳電,達八八六呎之遠,因悟電力可藉電線,傳至遠處;此即近代電報發明之權輿。

二、杜佛(Du Fay 1698-1739)

杜佛法人,初習軍事,成年後,始改變旨趣,專研電

學。發明電性之兩種：一曰明體電 (vitreous) 一曰膠體電(resinous)，前者，以玻璃或結晶體，與絲綢互相摩擦，可以得之；後者，因松脂，琥珀，或毛皮，與佛蘭絨互相摩擦，可以得之。同性有吸引力，異性有抵抗力，與磁之兩極相似。渠曾用格爾克之裝置試驗，先以明體電觸驗電器，則金葉分開；繼以膠體電觸之，則又復合；屢試不爽。其解釋兩性之攝斥，謂有兩種流質之存在，二者可以摩擦使離開，中和使連合，因創兩種流質說(Two Fluids Theory)。然此與火質說，光子說，熱子說，蓋同其謬誤也。

三、毛審勃洛(Pieter Von Musschenbroek 1692-1761)

毛審勃洛荷蘭人，來頓(Leyden)大學之物理教授。一七四五年與其友康訥士(Cunaeus)試驗瓶水之感應：以一手握瓶，一手動線，使水與導體接聯；忽覺胸臂俱震。於是有凝電瓶之發明；卽世稱之來頓瓶(Leyden Jar)也。

四、魯萊(Abbé Nollet 1700-1770)

魯萊法之著名物理學家也，屢作來頓瓶之實驗。但

法王殿前，排列衛兵百八十人使成一行，以銅絲緊聯之；將電放射，傳遍全體。又在巴黎某寺院中，使僧侶排成九百呎長之行列，來頓瓶一發，同時均翾然震動。

五、弗蘭克林(Benjamin Franklin 1706-1790)

弗蘭古林美國之外交家，文學家，科學家也。祖先居英之愛克登(Ecton)鎮，世業鐵匠；至父始改業製燭及肥皂，僑居波士頓(Boston)；生子十六，氏其季也。氏幼入村塾，習書算；以貧故，年十歲，即助父治生產。然素志不屈，乃改業印刷；工餘，恒羅借書籍，徹夜誦讀。後至斐勒德爾斐亞某印書館為工，居一年，受總督克以思(Sir William Keith)之知遇，命赴倫敦購印刷機器，舟既行而費不資，不圖總督食言而肥若是。既抵倫敦，窮愁潦倒，復作排字生涯。不久，還斐城，集資辦印刷廠，並立報社，發行本薛文尼亞雜志(Pennsylvania Gazette)。氏既嫻文學，又多創見發表，故遐邇歡迎，風靡一世。一七三〇年在斐城設立公共圖書館，為美國有圖書館之先河。一七四三年後，涉身政治，曾任本薛文尼亞後備軍大佐，及議會鄉長，斐城郵政局長，及殖民地

會秘書，使英法等國代表本州總統；辦事有方，多所建樹。獨立之戰起，奉使異邦，折衝樽俎，外交政策，多出其擘劃；故說者，論美國開國功勳，華盛頓外，應首數弗氏云。

弗氏於科學無所不窺，且窮探遠討，所得往往非專家可望其項背；其一生不朽之盛業，尤推電氣之發明。弗氏懷疑杜佛所創之兩種流質說，細心考驗其究竟。初令一人立於以玻璃爲足之桌上，使自以玻璃與綢，摩擦生電；彼以爲玻璃既非導體，則此人身上之電，當滿充矣；但畢竟，未得結果。繼改令二人立於其上，一發電，一受電，結果二人皆得電，因此乃斥兩種流質說，而立一種流質說(One Fluid Theory)。謂人身上各有「常量」(Normal amount)之電，不過由發電者減去其「常量」一部分之電，而傳至受電者之身上；結果，受電者之電，較「常量」多，發電者則較少。多者爲正電，少者爲負電(此與今日正負電之義稍異)；推之凡百物體所含之電，莫不如是。此正負的一種流質說，頗得一般人之承受，直至法勒第馬克斯威爾等，發見電非流質而始變。

弗氏嘗作一文，論天空閃電與人造之電同，理由有四：一、光色紫赤相同；二、光線彎曲之形相同；三、均能發聲；四、中和後，皆有硫黃氣味。送至倫敦皇家學會，人多嗤之；謂無足研究。氏以未經試驗，亦不敢遽自信也。一七五二年六月，雷雨作，氏偕其幼子，携風箏幷線至野外；線係麻質，與尋常所用者同，但執手處，易以絲線，幷繫一鐵鑰其上。風箏既翺翔空際，氏乃靜觀其變；俄爾，閃電起，而鐵鑰之上，火星迸發，與人造之電試驗時，同一現象，由是大喜；此後人始信其說之非誣，且敬禮有加矣。

一七五三年弗氏更發明避雷針，卽今所稱弗蘭克林針是。法於屋之高處，裝置尖頭鐵絲，而緣柱以通地下；當電擊時，由鐵絲傳導之以入地中，不至轟震；此保護屋宇之良法也。

弗氏發明電之性質後，舉世驚異，極推重之，英皇家學會，法皇家學會，巴黎皇家醫學會，咸歡迎之爲會員；英之牛津愛丁堡，美之耶魯，哈佛，等大學，各贈以博士學位；法王則貽璽書一襲，以褒揚之。歐美人之所

以尊崇科學發明家者，如彼其至；科學發達，極波起雲湧之觀，亦其宜哉。

六、康騰(John Canton 1718-1772)

康騰英之實驗哲學家也。謂正負電，苟得適當之物相摩擦，可生於同一之物體。如以橡皮摩擦半光滑半粗糙之物體，電化時，光滑部分爲正，粗糙部分爲負。生電機上，渠主張以汞之金類混合物，或錫與玻璃管並用，使蓄電之量加增；因而有靜電感應之發見。所謂靜電感應者，即電化之物，能傳靜電至其附近不相接觸之物體上；此物體既被感，更與他接觸，則成電化；但第一電化物爲正，此則爲負，第一電化物爲負，此則爲正，其號常相反。

七、愷文迭喜(Henry Cavendish)

愷文迭喜取已知直徑之球形導體，比較其容電量，又以球寸表其容量之大小，復度量各種壓電器之容量；證明：苯顛片與片上錫箔之面積成正比例，而與玻璃之厚度成反比例。此爲以度量研究電學之肇端。

八、柯倫(Coulomb 1736-1806)

柯倫法之哲學家科學家也。謂電力爲兩種電流之電荷(charge 有譯之爲電量者)，在一距離間互起之作用。渠嘗以兩小電球試驗，測量電力與距離之關係：知球間之吸力，與兩球所受電量之積成正比例；而與兩球中心之距離成反比例。

九、加爾文尼(Aloisio Galvani 1737-1798)

加爾文尼意大利人，波隆亞大學解剖學教授也。因其妻病，欲食蛙，取蛙剖之，其徒適在室中，試驗電力，電棒偶觸已解離之蛙腿，顫動不已。氏見而奇之，詳加考慮，謂此電爲動物電，(Animal electricity) 發源於該動物之筋肉。後又見一蛙腿，被風力吹動，與銅鈎及鐵棒相接觸，亦發生同樣現象；因益信其說之確實。厥後，幾經試驗，若合符節；一七九一年，乃著文公世焉。

十、弗打(Count Alessandro Volta 1745-1827)

弗打亦意大利人，克馬 (Como) 與巴維亞 (Pavia) 大學之物理教授也。於電力，主張接觸理論 (Contact Theory)，反對加爾文尼之說。謂蛙腿之所以顫動者，其電力發源於二不同金屬相觸之點，並非蛙之筋肉中，有

所謂動物電。後加爾文尼以甲蛙之筋與乙蛙之筋相接，亦得電氣；弗打無可置喙，然猶未肯相信也。自今觀之，二說皆是，惟各得其偏耳。

未幾，加氏歿，弗打更作種種試驗，思有以徵實其說，初用無數鋅片銅片，相間排列，以視兩金屬之電，接觸後，是否能於相間處發生火花？結果，失望。繼思蛙腿本有液汁，其所以能與銅鈎及鐵棒接觸生電者，或即此液體爲其媒介；乃注水於鋅銅片之間，然仍未見有火花發生。最後，以酸易水，火花燦爛，並見電流循一定之方向進行；由是躊躇滿志。後來之動電學，遂從此萌芽矣（以前之所研究，俱屬靜電方面）。

鋅
銅
鋅
銅
鋅
銅

弗氏於一七七五年發明起電盤，一七七九年發明貯疊電池，越六年，更發明電堆，及量電表。不同類物質相接觸，即得電位差，實弗氏所首創。拿翁以其有功於科學界，特以伯爵榮錫之；而後人追念遺徽，乃更以

裴名名電位差之單位(Volt)焉

十一、尼古孫與加萊斯爾(William Nicholson 1753-1815), Anthony Carlisle 1768-1840)

尼古孫與加萊斯爾,均英之物理學家。一八〇〇年試驗弗打重疊電池時,以連電池之銅絲之兩端,置水中,見絲端發生氣泡;二氏證明其爲輕養兩氣,謂電有使水分解之能力。此爲電由化學作用之理論之濫觴也。

第五節　天文學之進步

自歌白尼以至牛頓,天文學之發達似已登峯造極矣;然十八世紀,則更有進焉者;茲略述之:

一、蘭格倫(Joseph Louis Lagrange 1736-1813)

蘭格倫原籍意大利,後僑居柏林,晚年作客巴黎,充某大學教授。爲數學天文家。根據高深數學,研究天體之運行;其理,非尋常人所能了解。生平最大傑作,爲分析力學(Mécanique analytique)一書,人以牛頓之原理(Principia)比之,其價値可知矣。

二、拉普萊斯(Pierre Simon Laplace 1749-1827)

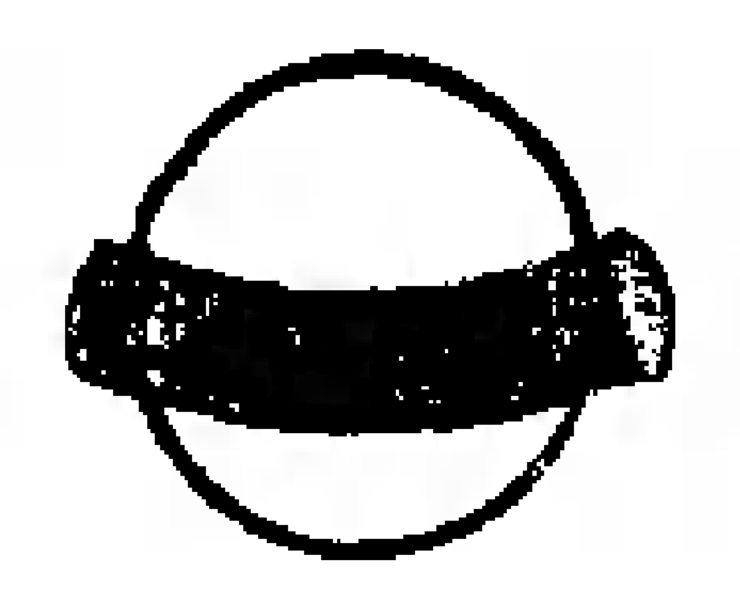
拉普萊斯法蘭西之數學天文家也。曾肄業於波門

(Beaumont)大學，研究數學。一七六八年，被聘爲巴黎某陸軍學校教授。就天體之運行，申明牛頓之學說，名聲大振。拿破崙嘗任之爲內務大臣，然政治非其所長，未久去職。一八〇六年，敍敘伯爵。一八一七年，晉陞侯爵；同年，爲理科大學校長。著天體力學 (Mécanique Céleste)五卷，於天文學之蘊奧，宣洩盡致。自謂爲尋常道理，其實高深玄渺。有人謂：若將其中所有之困難問題，質問於彼，恐彼亦須費許久時間，才能解答也。該書，現已有英譯本。

牛頓解釋天體之運行，謂六大行星繞太陽而行，取同一之方向，並與太陽本體之動向相同；行星自轉與公轉，其方向亦同；又繞行星而轉之衛星，其方向亦與行星之自轉與公轉者無異；卽衛星之自轉之方向，亦莫不一致；且天體之運行、均在一平面上，不相上下。夫此種極有規律的運行之現象，緣何而得耶？此其中必有至理存焉，斷非偶然者矣。拉普萊斯因推究太陽系之來源(Originarity of Solar System)，而明其所以，於是創寫星雲學說(Nebular Hypothesis)。當時德國哲學大家康

德(Immanuel Kant 1724-1804),亦曾如此假定;但康德多涉玄想,而拉普萊斯則根據科學的研究;故後人歸功,屬此而不屬彼耳。

所謂星雲學說者何?宇宙太初,爲一團氣體,迷漫濛混,熱度甚高,盤旋空中。此熱度以輻射(Radiation)作用,故次第減低,而其本體因之次第縮小。以其本體縮小也,故旋轉之速度增加;以其速度增加也,故向心力亦愈轉而愈大。向心力與離心力相等時,其體積之縮小,方始停頓。最初停頓者,爲中間之一部分,其餘諸部分,則仍繼續縮小;於是中間成一環帶,而大本體逐漸與此環帶相離。迨此環帶之最薄弱處中斷,則捲成許多橢圓狀體,是卽爲行星。各行星佔環帶原有之位置,爲其迴繞大本體之軌道;復各繞其己軸旋轉。各行星經以上種種同樣之分裂演進,於是成無數衛星。行星與衛星旣成,其大本體所遺留之一部分,卽爲太陽。



此說旣出,於天體運行之現象之原因,瞭如指掌。

蓋其同在一平面上運行者：因諸星球均由一大本體挨次分裂而成，相差不遠；其運行之方向相同者：因諸星球既由一大本體挨次分裂而成，其旋轉之方向，仍挨次依照其所由分裂之本體之動向也。昔牛頓嘗以萬有引力說解釋之，然未若星雲說之澈底，之完全；蓋牛頓所言者爲「如何」(How) 拉普萊斯則言「爲何」(Why) 耳。

三、侯失勒(Friedrich Wilhelm Herschel 1738-1822)

侯失勒德意志人，爲試驗的觀象的天文學家；與泰輌柏拉相髣髴，與蘭格倫拉普萊斯，則異其旨趣。十七歲，至英倫，見望遠鏡而愛之，因購以觀象，結果不甚佳，以其太短故也。乃自造較長者，約五呎半，已較市上所售者爲勝；然猶以爲未足，後更逐次加長，而七呎，而十呎，而二十呎，達四十呎而止，此蓋當時獨一無二之鉅製也。侯氏喜音樂，常一面歌唱，一面造鏡。其畢生精力，多消磨於天文之觀察上與紀錄上；所發見之成績，往往爲前人所未曾有，其犖犖者，約下之數事：

1.星雲(Nebulas)——謂各星之旁,有霧團之物環之,一若磷火然,如此者,約二千五百座。

2.雙星 (Double Stars)——謂由兩個合成之雙星,凡八百餘座;從前以單獨之星視之,殊謬。

3.天王星 (Uranus)——此爲其最重大之發現。彼初以爲彗星,經幾度之觀察,始知其爲行星。從前只知有金,木,水,火,土,地球,六大行星,今則更知此外尚有天王;天體之範圍,於是愈加廣闊矣。

4.衛星 (Satellites)——天王星既發見後,彼又察出其旁尚有二衛星,繞之而行。又土星及其他行星之衛星,亦察出無數。

5.恒星亦常動不息——向以恒星爲亘古靜止之星。彼比較二千年來之紀載,見其角度,屢有變更,又證之以觀察之所得,因謂恒星亦係常動不息者。

6.太陽系全體亦常動不息——彼謂太陽系全體,亦常動不息,非永世如斯,固定不變者。

侯氏先對一方向觀察諸星球,覺其漸漸互相接近;繼觀察他一方向諸星球,則覺其漸漸互相離開。因謂此

爲地球行動所發生之現象：地球向某方向進行，故其前面諸星球，覺其漸漸相離；其後面諸星球，則覺其漸漸相近。如火車前進時，舉目以觀，前路則覺其逐漸展開，後路則覺其逐漸縮狹者；理有同然。

侯氏謂：宇宙之爲物，活動變化，無時或已。譬諸園圃凡百花草，雜然並植；有正句萌者，有正開花者，有正結果者，有尙幼稺者，有已衰老者。自是以後，研究天文學者，興味濃郁，不以機械的視之，而以進化的視之矣。

第六節　地球近世觀念之起源

希臘人宇宙觀念，謂有四種原子：卽水，火，氣，土，是。迨至十八世紀，則知所謂「火」者，爲化學中一種燃燒之現象；所謂「氣」者，爲淡養之混合物；所謂「水」者，則由輕養化合而成；凡此三者，皆已不能名爲原子；所剩者，惟「土」一原子耳。

自拉普萊斯之星雲學說出，知地球亦爲星雲本體所分出之一單位；但地球如何成爲現在之狀態，尙是問題。當時歐洲礦務發達，挖山掘地，發生兩大疑問：卽地層何以各不相同？又各地層中，何以有動植物形跡之化

石？此即引人研究地殼變遷之導線也。但彼信仰宗教者，以爲地球由上帝所創造，無有變更，其中形形色色之物質，乃造化之奇，非人所可曉論。故研究地質，實與宗教相衝突。

十八世紀地質學家，最著者有溫諾哈騰二氏：

一、溫諾(Abraham Werner 1750-1817)

溫諾德人，父爲礦務局管理員。氏幼年從工人手，獲得許多礦物標本，於礦物頗發生興趣；長因專攻礦物學，後爲世界最先設立之礦物學校弗萊堡(Freiberg)教授，氏聚集各種礦物，精細分析；並考察該處地層之情狀，一一繪之爲圖，以爲研究之資，是即地質學之源泉也。

氏見該處地層，有含鹹水動物之遺骸者，有含淡水動物之遺骸者，以爲此種現象，即往古洪水冲積之表徵，推諸其他各處之地層，當無不如此。於是謂地殼悉由水成岩所構成。當時有反對其說者，謂地殼乃火成岩所構成；古代火山噴出之熔質，層層堆積，累年壓下，遂成地層，今掘而觀之，猶有與火山噴出之物質相同者，即

其明證。職此之由，對於地殼之成因，遂分兩大派，一爲水成岩派(Neptunist)，一爲火成岩派(Volcanist)。其實兩者皆是，特各趨極端，以偏概全耳。

氏從經濟方面研究地質，謂一國財富之發展與否，原因雖不止一端，而地質之肥瘠，實佔重要之位置；苟能注意地質之利用或改良，於國計民生，大有裨補，後世經濟地質學(Economic geology)，蓋濫觴於此也。

二、哈騰(Chares Hutton 1737-1823)

哈騰蘇格蘭之著名地質學家也。與溫諾同時。渠從現在地面上各種力之工作，以研究疇昔地面上各種力之工作；其地面上工作之定律：謂地面上之工作，自古至今，永久不變，未來亦復如是。渠依此原理，以推度地殼構成之原因；以爲凡百力量(Agents forces)，如風力水力等，影響地面上之工作，自過去迄現在以至未來，仍繼續進行，靡有停頓。故渠見小水流成之細溝，即以爲溪澗之變成江河，皆水之侵蝕爲其根本原因也。

哈氏於地殼之構成，首先主張水成說。謂江灘中之沙，與山上之岩石之磨碎者，質地相似；其所以一成爲

岩石，一成爲散沙者，因地殼變遷時，壓力有大小不同故。又石灰石（青石）中，有明顯之蟹蛤之形體者，有模糊不能辨別其爲何種動物之形體者，亦卽地殼水成之明徵也。從前溫諾反對地殼由火山變成之說。謂火山近旁之岩石，往往有氣孔，地層中之岩石則否；哈氏亦頗疑之。後有弟子某，起而研究將地層中之岩石，用火熔化，亦有氣孔；證明其始亦與火山近旁之岩石無異，特受大壓力，遂成今形。於是，哈氏亦承認火成說矣。

哈氏至某地考察，見水成岩下之花剛石，有樹枝狀之細條，伸向地面。因謂此由於水成岩成後，其中有孔隙；花剛石受地心熱力所熔解，其液體卽循此孔隙而上衝，凝固後，卽成現狀。



此卽水成岩在先火成岩在後之說也。此說旣出，喜不自勝，倩人到處宣傳。一七八八年刊布一書，名地球

之學說(Theory of the Earth)。希臘四原子中之「土」，至是完全解釋，亦失去其原子之資格矣。

第七節　動植物學之進步

最先研究動植物學者，爲希哲亞里士多德與裔阿弗拉斯達(Theophrastus 372?-287 A.D.)；十六世紀則有瑞士之蓋斯納 (Gesner 1516-1565)；十七世紀則有英之雷(Ray 1628-1705)格路(Grew 1628-1711)，及意之馬爾不基。然動植物之蔚然成爲有系統之科學者，尚是十八世紀之事也。兹舉數大家如下：

一、步豐(Buffon 1707-1788)

步豐法之貴族。喜研究動植物，嘗患目疾，則請助手陶揩道 (Daubeton) 爲之觀察。善屬文，所著博物學(Natural History)一書，淺近通俗，人咸喜讀之。彼謂動植物之分布，因氣候土地而殊：如秋冬之際，燕向北遷，鴈朝南徙；山陰之植物，不見於山陽；皆此之由。當時信仰其說者甚多，葬之日，送喪者達二萬人云。

二、林奈斯(Carl von Linnaeus 1707-1778)

林奈斯瑞典人，牧人子也，性喜研究生物，年僅四

齡，卽好問植物之名稱於乃父，故自幼卽博識草木。但無力入學，初爲某醫士助手，稍獲錙銖，輒購關於生物學之書，從事探討。後至荷蘭，謁化學家鮑赫夫（Boerhaave）得其紹介，詣克立夫（Clifford）家。克立夫者，銀行家而動植物學家也；家藏動植物標本甚夥，見林氏至，倒屣歡迎，相與究覃，並資費令赴各國，更廣爲採集蒐羅。因此，氏觀察日確，學問日進。後回本國，充某大學博物學教授；並設博物院於諸城，以庋儲其所採集蒐羅之標本，琳瑯滿目，極一時之盛。詎卒後未久，被人盜賣與英人，瑞皇聞之，亟使前追，弗及，故今猶存倫敦博物院中。英人嘗戲言，「假使當日歸還瑞典，恐早已煙銷雲散，寧有今日？」亦殊饒雋味也。

林氏對於生物學之貢獻，凡三大端：

1.定名——氏首創雙名制（Binominal System），分種名(Specific name)屬名(Generic name)。凡一生物名，僅用兩字爲稱呼，其前字爲拉丁名詞，用爲屬名，其後字爲拉丁形容詞，卽種名；如貓，虎，獅，係同屬異種，故其名，貓爲 Felis domestic，虎爲 Felis tigris，

獅爲Felis leo。簡鍊明晰，易於記憶。萬國通用之學名，卽根據於此。

2.分類——氏爲生物分學類之鼻祖，一七三五年著生物分類學(Systema Naturae)一書。其分類法從形態上着手：如植物以花，瓣，萼，蕊，等之異同爲標準；動物以齒，喙，毛，足等之異同爲標準。後人以氏之分類，多屬人造(Artificial)，究欠自然；且生物中，往往有形態相似，而實質懸殊者；因有較善的分類法之創立。然氏創始之豐功，不可泯也。

3.名詞審定——氏以前生物名詞，極其淆紊；如同爲一葉之形狀，或稱爲長的，或稱爲針狀的，人各一說，莫明眞相。氏欲免去此種困難，乃詳爲審定，留其確適者，汰其不確適者。名詞劃一，後人受惠不淺。

第八節　比較解剖學與生理學之發明

一、哈勒(Haller 1708-1777)

哈勒瑞士人，戈亭根(Göttingen)大學之解剖學，外科醫，植物學教授也。向以筋肉之收縮，爲「靈氣」(Vital spirits)自神經上傳達所致。氏從無數次之解剖工作，證

明其非是；謂筋肉之所以能收縮者，有一種獨立的內在的之收縮力，此力雖離開神經系或身體，亦能存在；維時一七四三年也。爾後，從遊者衆，聲名藉甚；著有生理學一書。

二、漢特(John Hunter 1728-1793)

漢特蘇格蘭之解剖學者兼外科醫也。發明比較解剖學；以同樣之器官，而比較各種動物之差異。例如消化器：在珊瑚蟲，祗有一胃；在水蛭，則除胃外，又有輔助器官；在蜜蜂，則有嘴與肛門等，且有泌蜜機關；在雞則有肫，磨擦食物，使之消化；在牛，則有五胃，能反芻；在駱駝則另有儲水之機關。氏詳爲比較，並製表列。乃弟威廉漢特(William Hunter 1738-1783)，與之協作，互有發明。

三、倍內脫(Charles Bonnet 1720-1793)

倍內脫意大利自內瓦人。初考察植物之向日性：將植物之莖，橫臥於地，不久彎曲向上；或置花窗間，則枝葉向外伸張；以爲植物必順其性，方能生存。繼研究動物之再生能力：謂水蛭(馬蝗)雖斷成無數小節，各小節

仍能生活；壁虎則割腿生腿，割尾生尾，割至六次，其復生亦六次，此比較生理學之肇基也。

四、斯巴郎惹尼(Spallanzani 1729-1799)

斯巴郎惹尼意大利人，亦研究動物之再生能力。將壁虎之眼剜去，亦發見其仍能復生。其所作試驗甚多；謂下等動物，組織簡單，各部分可以代替，故能再生；若高等動物，組織複雜，各部分各有其特殊之功用，故不能再生。據此標準，因區分動物孰為高等者，孰為下等者。

五、居維葉(Georges Dogobert Cuvier 1769-1832)

居維葉其先瑞士人，後轉籍法國。專研究動物之解剖，因解剖結果，歸納世界所有動物為四大類：(1)脊椎動物(Vertbrata)，(2)關節動物(Articulata)，(3)軟體動物(Mollasca)，(4)放射動物(Raliata)。又研究化石，開「古生物學」之先河。著有比較解剖學，動物羣類等書。

六、畢沙(Bichat) 1771-1802)

畢沙法人，巴黎大學之生理學教授也。治物體之組

織最精，現代「物體組織學」，實既推渠爲始祖。惜年甫三十一，卽遽殂謝。所著有細膜論，生死之現象，普通解剖學等書。

第九節　發明與工業革命

在法國革命(1789-1794)美國革命(1760-1783)未結局之前，一七六〇年之後，世界上有工業革命(Industrial Revolution)之一大潮流起。作始於英 (1760-1820)，而傳至大陸，一七八〇年(日本維新)後，更傳至遠東。然革命之最大根源，實蒸汽機紡機織機等之發明。蒸汽機之發明，前節既已敘及。十八世紀初年，紡毛棉苧蔴，均用手工，費時多而出產少。一七六七年，英紡工哈格雷甫(James Hargreaves ?-1778)，始發明紡機，一輪八十線，三尺童子，亦能運用之；但祗能紡經，緯則另須用麻線。一七七一年英理髮匠亞克雷忒(Sir Richard Arkright 1732-1792)發明水軸機(Water frame)，經緯均能紡造，全棉之布，於是產生。一七七九年克郎奶湯(Samuel Crompton)，更就亞克兩氏之所發明，創水車紡棉機，一機能動二千紡軸；且以一人之力，同時可管

照數機，較前愈臻進步。織布之工具，英之鐘匠凱怡(John Kay)，於一七三三年曾發明飛梭，但無甚特色。一七八四年卡竹雷武(Edward Cartwright 1743-1823)發明毛織機，以水爲原動力，能製精緻布疋，速率亦大增加。由是，紡織事業，迥異疇昔。迨後兩機更應用瓦特蒸汽機爲原動力，其進步愈一日千里，不可度量矣。

機器未發明之前，紡織工均聚守家庭或商店；既發明後，則麕集工廠。工業世界，乃大變動：自簡單生產單位，變爲複雜生產單位；自一家或一組工人自由之制度，變爲受資本家操縱管理之制度。因此生出數種影響：用機器代工，力小效大，手工業者，難與競爭，故失業者，到處多是，一也。工人欲適應潮流，藉資生活，悉離棄鄉村，而奔赴城市，擁擠輻輳，所在擘騷，二也。工人自朝至暮，處於機聲軋軋之下；廠主則養尊處優，坐收其利，資本家勞働者之階級，森然判分，三也。職是之故，人之怨恨發明家者，銜之刺骨；十八世紀末年，工人往往暴動，或毆擊發明家或搗毀機器。第大勢所趨，末如之何，祇有俯首帖耳，聽其發展已耳；

然壓迫旣甚，則反動必大，故演成近代社會之紛擾焉。

第九章　十九世紀之科學

第一節　熱學與能力不滅之定律

一、倫敦德(Cound Rumford 1753-1814)

倫敦德美之侯爵，因反對革命，逃之英入其籍。曾提建一議案，禁止乞丐遊行倫敦市上，而設工廠以收容之，使作工贍生。彼用科學方法，研究人生經濟問題；而於日用之「熱力」，尤爲關心，謂爲凡百事業之基礎。一日，至某兵工廠，見造礮者，鑽孔而生熱，且現紅色。因研究熱是否爲液體性之物質，可以流動者？是否由空氣中而來？乃於水中鑽孔，以試驗之，亦能得熱，且可使水之溫度增高；然此猶爲少量之水。後更用大盆盛水，以馬力旋轉鋼鑽，久之，盆水沸騰。渠謂此爲熱之運動說(Motion Theory)爲能解釋之，流質說 (Fluid Theory)則否。蓋兩物互相磨擦，其分子振動；因振動之故，而熱生焉，振動愈大，則熱度愈高。其試驗結果，一七九八年，曾報告皇家學會；對於熱之工作當量之觀念，業已粗具，惜爲當世所鄙棄，無注意之者。

二、卡諾(Sadi Carnot 1796-1832)

卡諾法之物理學家也，研究汽機上工與熱之關係，一八二四年曾發現熱工相等之定律，謂：「一定量之熱Q，自溫度t_1流於溫度t_2，所作之工w，與所用之物質及所經之程序無關；倘無他種損失者，第全恃溫度t_1與t_2」。但年僅三十七，死於霍亂；而其遺書，又擱至一八七八年，始行付梓，使學者不獲先覩；殊可惜也。

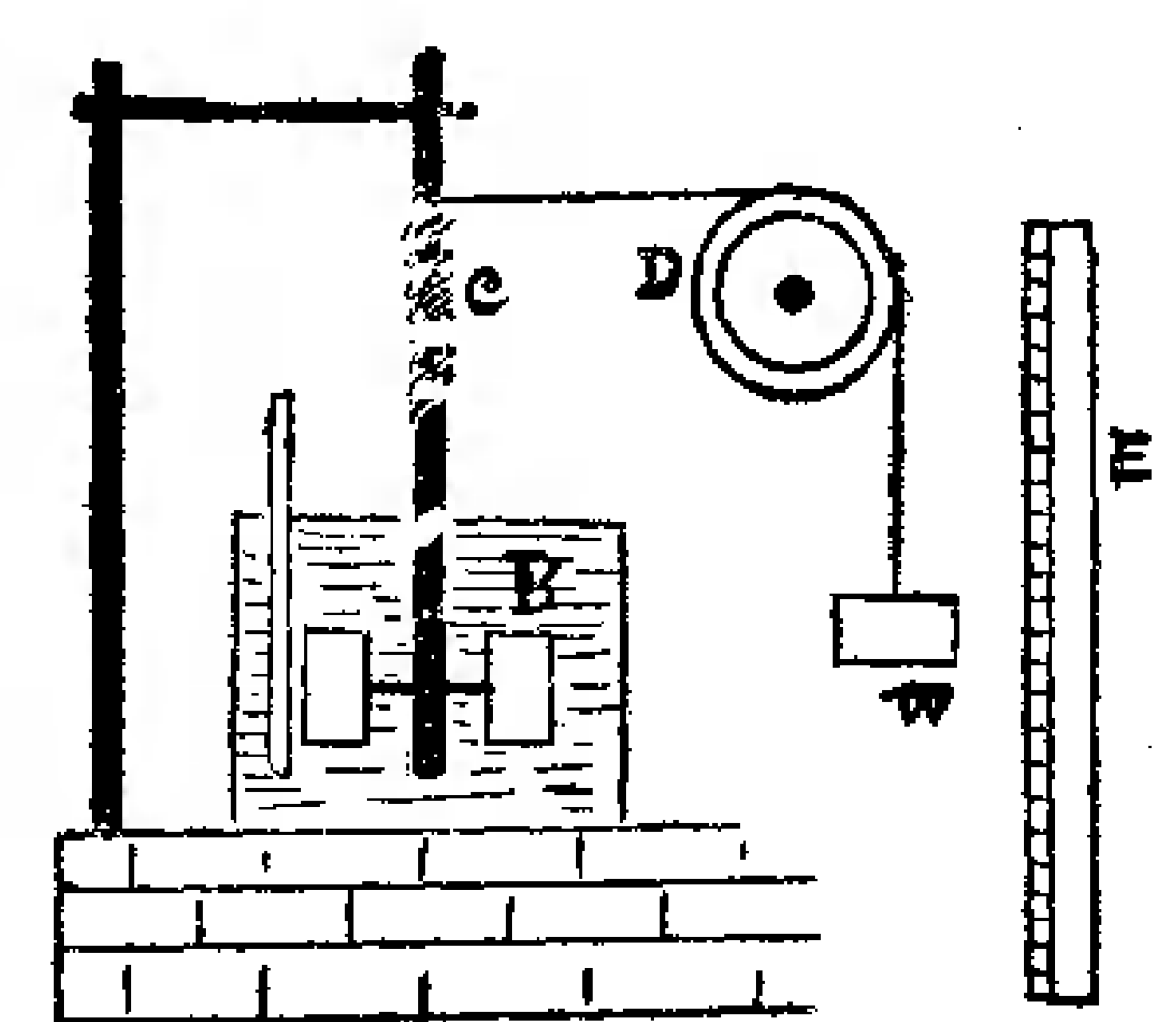
三、邁爾(Robert Mayer 1814-1873)

邁爾德人，為海爾勃朗(Heilbronn)之猶太醫士時，於爪哇(熱帶)地方，為人刺胳，見大靜脈之血液，較在溫帶者，鮮紅數倍。因思此與黎別希(Liebig)所謂，「動物身體上之熱，與氣候有密切關係，溫暖之地，所失熱量較少，所耗有機體燃燒物量亦較少，」實相符契。由是引起其研究熱力問題之動機，而「有機機械中之工熱亦相等」之公例，於焉發見(一八四二)。

四、佳爾(James Prescott Joule 1818-1889)

佳爾英之孟抽斯忒(Manchester)人，化學家達爾頓之門弟子也。以科學為消遣品，但具有真確實驗之

才。其父爲孟城釀酒廠主，頗饒資財，爲建實驗別墅以居之。氏以數十年之光陰，研究摩擦生熱之關係，測定熱之工作當量(Mechanical equivalent of heat)，極力主張能力不滅之理。其試驗方法：如圖，取一可旋轉之槳B，浸入一水櫃中，槳柄C繞以一繩，



經過滑車D，其他之一端，則繫一重錘W。W下墜，則B在櫃中旋轉；旁置度尺E，以測量下墜之度數，E上經過之距離愈大，則B之旋轉愈速。如此，以W之重，與其下墜之距離相乘，則可知所費之工作；量櫃中之水所增之熱度，則可知所變之熱量。佳氏藉此，測得每四百二十七瓩米突之工作，變爲熱量後，可使一瓩重之水，增高熱度一度(攝氏)。是卽所謂熱之工作當量也。

以上證明工作可變爲熱，然熱亦可變爲工作，如將煤燃燒，則汽機得以轉動，卽其一例。而若干之熱力，必生若干之工作，精密測算，亦無差池。故知宇宙間一切能力，均互相交換，互相變化，既不增加，又不減少；能力不滅，於理甚確。

五、韓和芝(Hermann L. F. von Helmholtz 1821-1894)

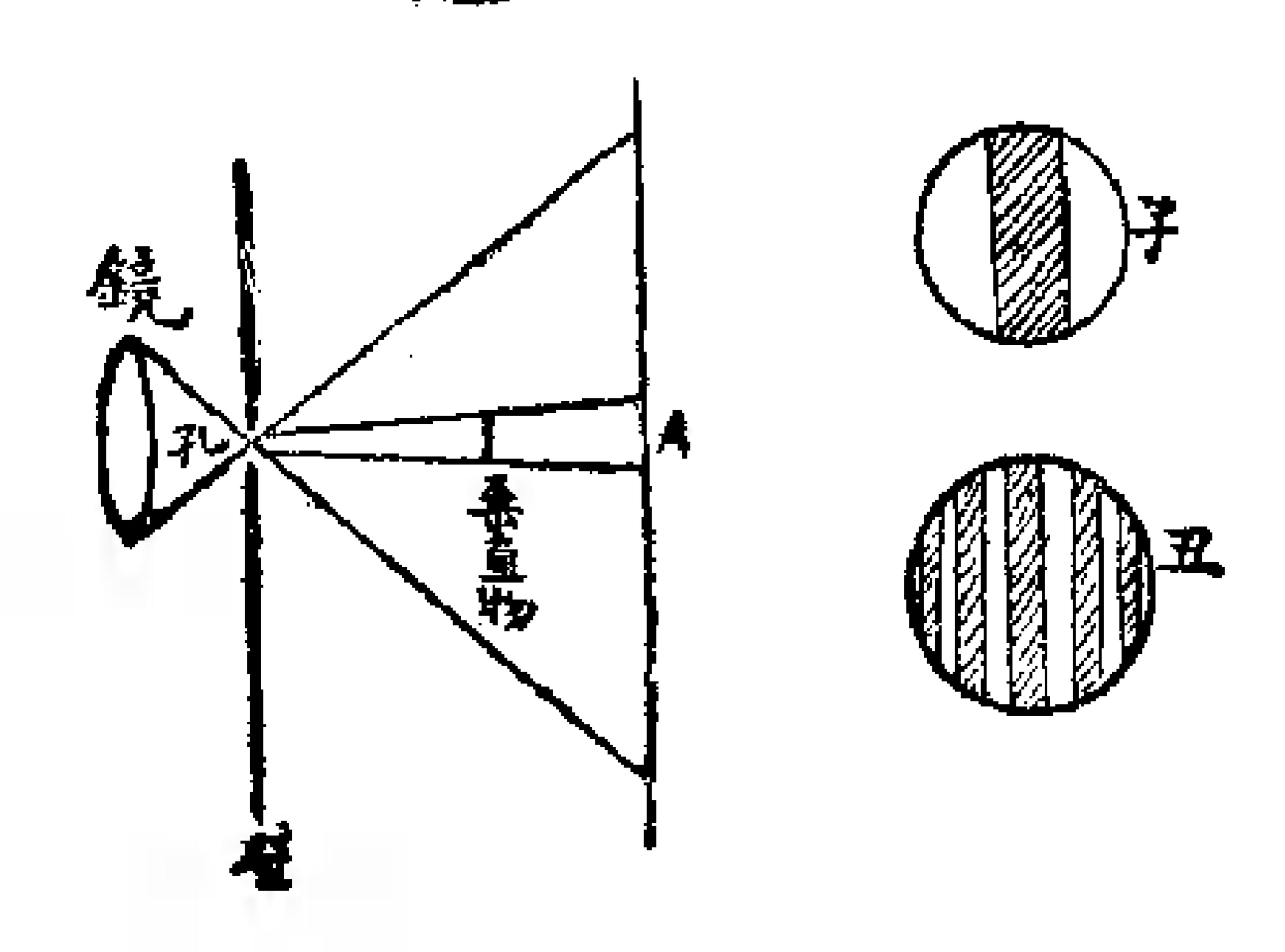
韓和芝德之著名物理學家，生理學家，心理學家也。一八五五至一八七一年，爲鮑恩(Bonn)與海特爾堡(Heidelbury)兩大學之生理學解剖學教授；一八七一至一八九四年，爲柏林大學物理學教授。著作等身，發明甚夥。一八四七年，總括卡諾邁爾佳爾三氏研究之結果，作「能力不滅之定律」(The Law of the Conservation of Energy)一文，宣讀於柏林物理學社(Physical Society of Berlin)。謂此定律於各種自然科學，均可應用；並表之以數學的公式，以明其有尋求各種不同現象關係之宏力。此蓋十九世紀中葉，科學上之最偉大的結論也。

第二節　光學理論之確定及光帶之分析

十七世紀何依根創光浪說，牛頓創光子說，互有理由，相持不下。而牛頓名垂宇宙，故信仰光子說者，實居多數。迨十九世紀光學家，詳加試驗，始確定光浪說，而將光子說推翻焉。

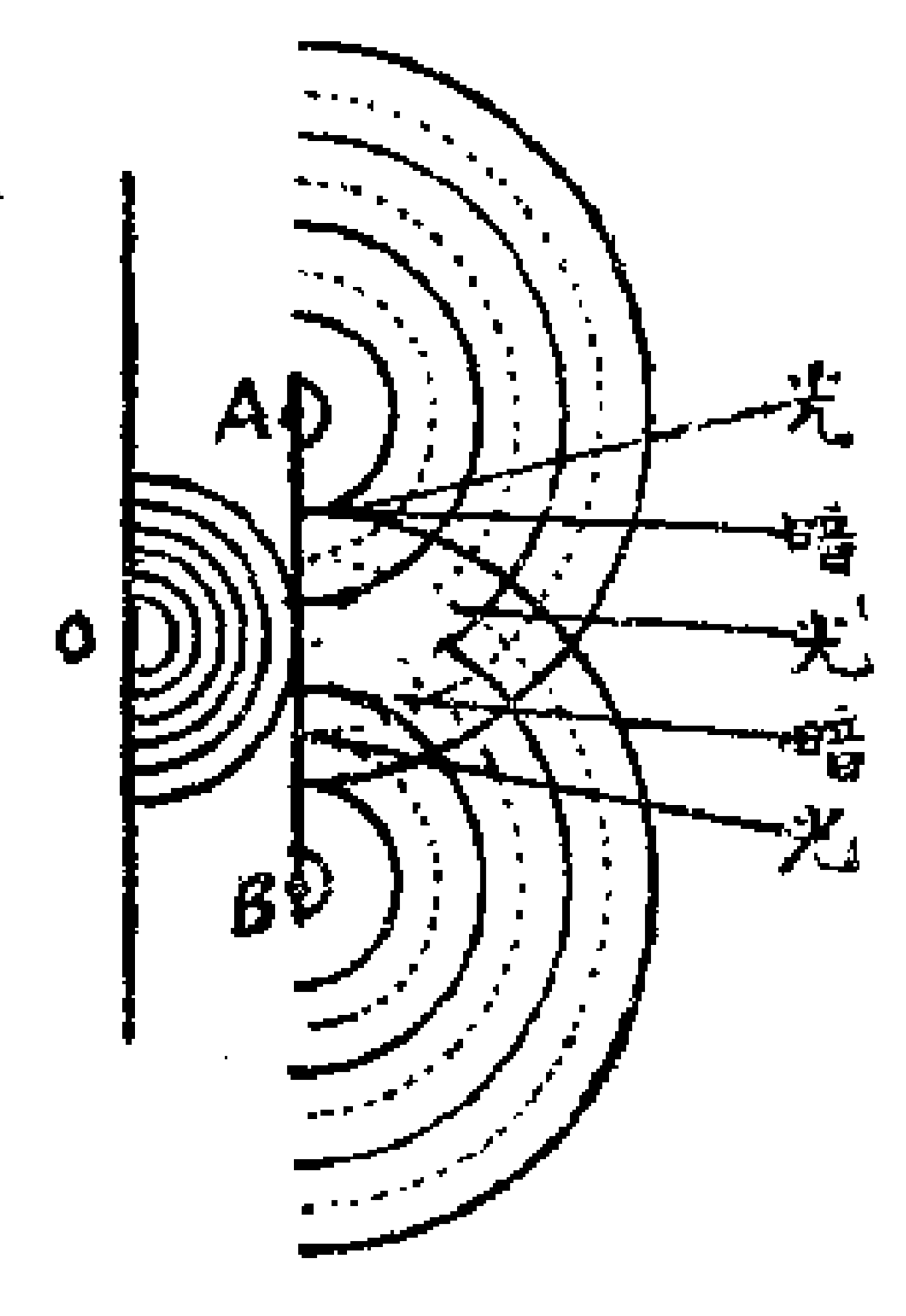
一、湯邁揚(Thomas Young 1773-1829)

湯邁揚英之物理學家也。姿賦聰穎，年十三，已通數國文字。彼於何依根之光浪說，極力闡揚。有一試驗：



以鏡對壁，壁上穿一小孔(鏡之焦點正在孔中)，使經過

鏡之光線，由小孔射入暗室內。於室內正對孔處，置一垂直之物，則A處所得之影，照理應如-子圖，兩旁光白，中央一條黑線。但實際則否，如丑圖，有無數條紋，黑白相間。此何故耶？楊氏謂此係光浪之干涉作用(interference)所致。如下圖所示：光浪從O點傳來，漸漸遠播。及抵AB物時，則以AB兩端為中心，發出兩種反射光浪；而光浪進行，一高一低（實線代表高浪虛線代表低浪），向四周逐漸進行。及A點所發出之浪，與B點所發出之浪接觸，如雙方高浪與高浪或低浪與低浪相值，則不相干涉而相助，



如一方高浪與一方低浪相值，則互相干涉而相消，相助者光，相消者暗，故有黑白條紋相間之現象。

昔牛頓最不滿意於何依根之說者，為光浪之不能

轉彎，經楊氏此番解釋，已無此困難矣。如上圖，AB兩端之光浪，不獨能作上下動，並能作左右動，是卽光浪轉彎之明證也。惟轉彎現象不能到處都見者，或由光浪太短故耳。

二、法拉斯訥(Augustin Jean Fresnel 1788-1827)

法拉斯訥法之光學及幾何學家也；生當法國革命時代。於證明光浪說之試驗，視楊氏爲正確。彼以金屬裂縫(slit)與金屬細綫 (wire)，說明散光(dispersion)之眞理；一八一六年於巴黎學院(The Paris Academy)，發表其著名之論文。疑之者謂其說果是，則圓物體所成黑影之中心，反應有白點。法氏加以試驗，卒於黑影中得白點，於是人咸承認其說。後又研究光之横波振動(transverse vibration)，以解釋光之分極 (polarization)現象，光浪說益臻圓滿焉。

三、霍轲(Léon Foucult 1819-1868)

霍轲法之物理學家也。依光子說，光之進行，在密媒質中爲較速，依光浪說，則在稀媒質中爲較速，然百餘年來，迄無定論。迨霍氏起，用反射光法，測定光之進

行，在稀媒質中爲較速。由是，光子說，遂遭其末造，無復再活現於物理世界之日矣。

自牛頓發見光帶 (Spectrum)中之白光，爲各種彩色之光線所混合而成後，物理學家多研究光帶之分析；十九世紀初葉，從光帶中發見之新原理或新光線甚多，玆略述之：

四、侯失勒(Herschel 1738-1822)

侯失勒即前述之法國天文學家也。彼於十九世紀初年，研究太陽之光，以何部分爲最熱。法以寒暑表置光帶下，挨次移動，視汞柱之昇降，以測熱度之高低，結果，以紅光爲最，自紅光向他端移動，則其熱度遞減。後再將寒暑表移至光帶之外，照理推測，熱度應降低，但結果反比紅光爲高。是爲何故？侯氏謂此係光浪關係，光帶外之光浪，較光帶內之光浪長，其屈折則較小，故熱度高；因名此種光浪曰熱浪 (heat wave)。所謂熱浪，其實與平常光浪同其性質，惟其浪較長耳。因此，光浪之範圍，又推廣一步矣。

五、立特(Ritter 1791-1869)

立特德人，見化學藥片，受光後則起變化；遂以各種光試驗，究係何種光最易引起化學的變化；初將藥片置紅光中，不見影響；繼置紫光，而變化漸起；及藍光，則變化最大。後復置藍光外(光帶外)，以爲無變化作用矣，乃結果殆有甚於藍光者。立氏謂：此亦係一種光浪之作用，不過我人肉眼，不能感覺及之；因名之曰化學浪(Chemical wave)。立氏此發見，蓋與侯氏所發見者，互相關應；而光浪之理論，遂更可解釋及於平常光線之外矣。

六、何勒生(William Hyde Wollaston 1766-1828)

何勒生英之博物學家兼哲學家也。凡牛頓所有關於光色之種種試驗，均重新試驗之，一八〇二年，氏以一條極微之長縫，使光線通過，而以三稜鏡承受之，所得光帶，中有許多黑線間隔，各色不能互相連續。此種現象，氏謂爲太陽光線之不完全所致；然未加以詳細之研究也。

七、弗朗胡夫(Joseph Fraunhoff 1787-1826)

弗朗胡夫德之巴威利亞(Bavaria)人，本以磨玻璃

爲業者；性嗜學問，於光學尤饒興趣。嘗自造分光鏡，發現太陽光帶中有五百七十六條與何勒生所發現相同之黑線，是卽後世所稱弗朗胡夫黑線（Fraunhoff's line）。彼以尺度量其距離，並繪圖以紀之，時在滑鐵廬之戰前一年（一八一四），距何氏發現時十年也。然此種現象，究係何種關係？後對月光及諸行星試驗，均得同樣之現象。又對恒星之光（不借助太陽光者）試驗，亦發見許多黑線，惟與太陽光下所得者有別。又用石灰燒出之白光試驗，結果亦異。又用其他化學藥品所燒出之光試驗，結果各不相同，有祇一黑線者，有數黑線聚集一處者。如以鹽燃燒，則發出一條黃光；凡含鈉之原質，亦均呈此現象。（職是之故光帶遂成爲分析上之利器，藉此而發見新原質者不少，如罕見土屬罕見氣質等皆是。）弗氏斷定此爲太陽本體有缺陷之關係，但其眞相，卒未明也。

八、本生與愷克霍夫（Robert Wilhelm Bunsen 1811-? Gustav Robert Kirchoff 1824-1887）

本生與愷克霍夫均德之化學家。一八一六年發見

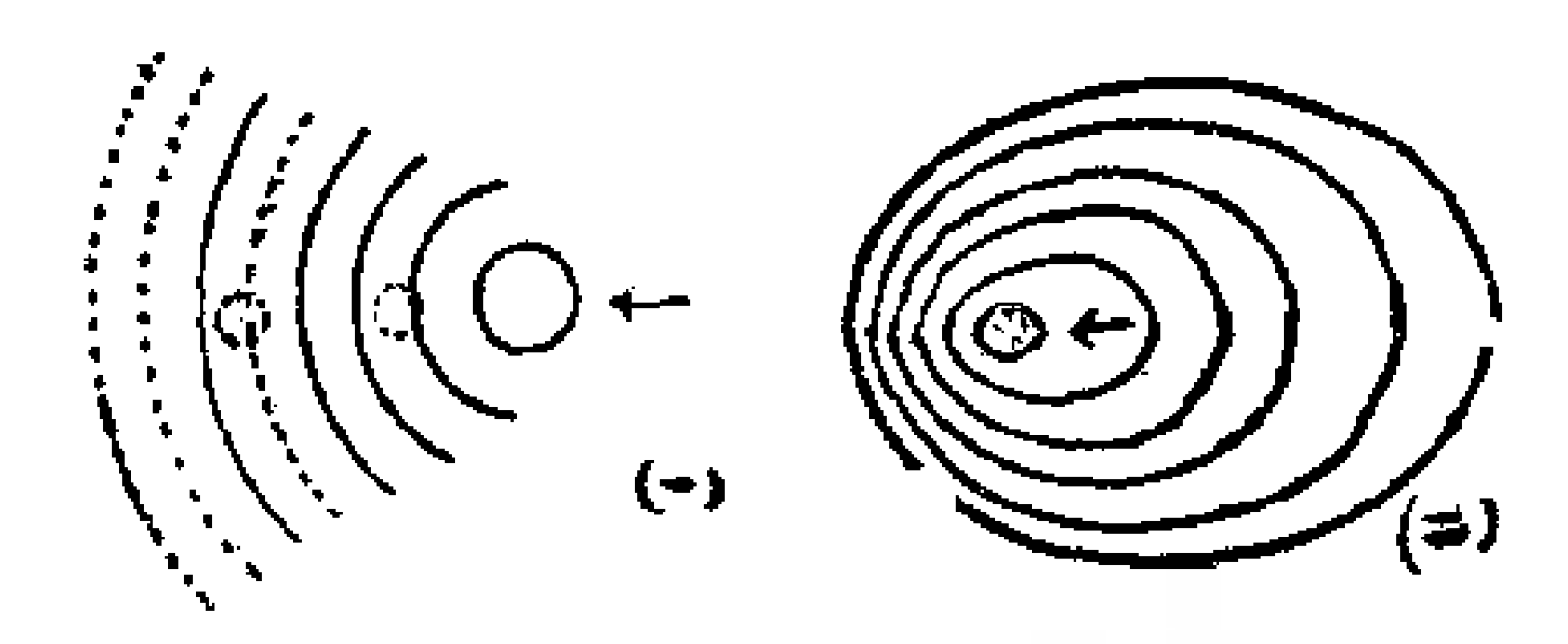
鈉光帶內之黃光，所處方位，與太陽光帶中之黑線所處方位相同；謂太陽氣圈中必含有地球上各種化學原質。其解釋太陽光帶中黑線之所由成云：石灰光中之黃光，經過鈉之黃光燄時，被其吸收，光帶中立現一黑線；將他種顏色光試之，亦各能將其相同之顏色光吸收，而現黑線。太陽光帶中黑線之所由成，即同是理。蓋太陽周圍有一層氣圈，太陽內部所發出之光，必經過此氣圈，而後傳射至各處；當其經過此氣圈時，圈中各種原質之顏色光，各將內部中所發出與其相同之顏色光吸收；於是遂成無數黑線焉。

太陽氣圈中之原質，既與地球上所有者相同；則在地球上將各種原質，同時發出各種不同色之光，而使電燈等白色之光經過之，所現黑線，當與太陽光帶中所現者無異。但試驗結果，有幾條黑線，尚不能尋得；蓋足徵太陽氣圈中之原質，更有幾種爲地球所無者也。

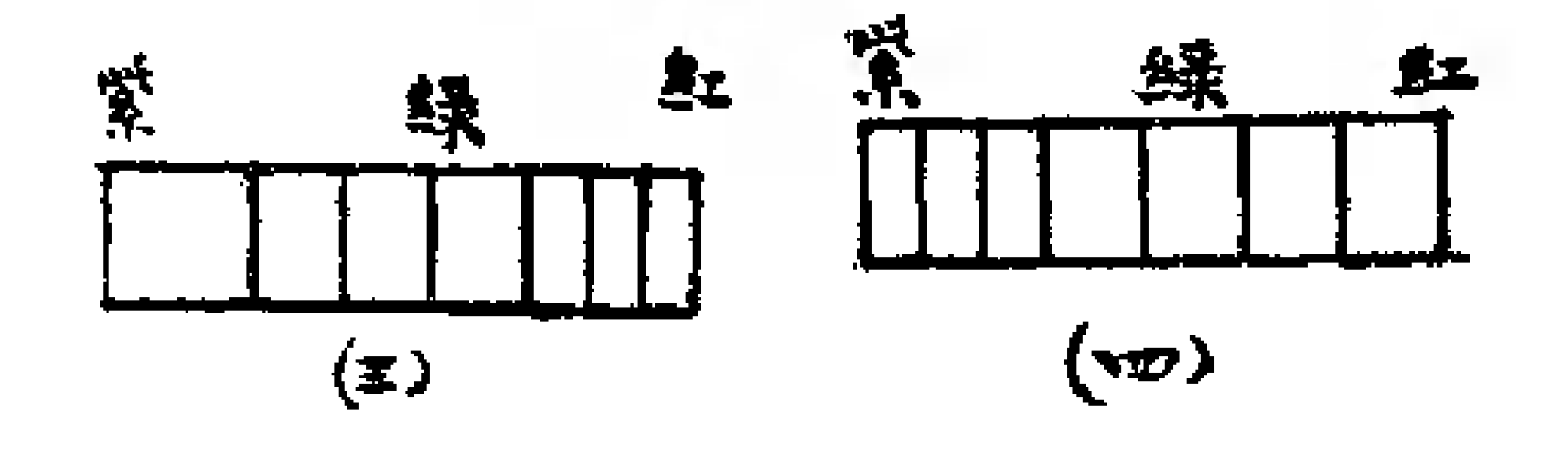
太陽所獨有之原質，如一八六八年英天文學家洛克約 (Joseph Norman Lockyer 1836–?) 所發見之氦 (Helium)，一八九四年英之化學家刺默塞 (Ramsay) 所

發見之氬(Argon亦譯惰氣)等是。

恒星之運動,向祗能窺測其向左右轉,至其近向地球或遠背地球,則末由而悉;自光浪理明,則可於光帶中辨別浪之長短,而推知之矣。依竇培拉原理(Doppler's Principle)運動響體愈近,則音愈高,愈遠則愈低。



其所以然者,因其發音之中心,常常移動(圖一);向某方向動,則某方向之浪漸短,其相反方向之浪漸長,(圖二),短則震動數多,故其音高,長則震動數少,故其音



低。恒星所發出之光浪,亦與此同:如其近向地球也,則

其浪較短，而其光帶之紅端必較擠，紫端必較寬(圖三)。如其遠背地球也，則其浪較長，而其光帶之紫端必較擠，紅端必較寬(圖四)。

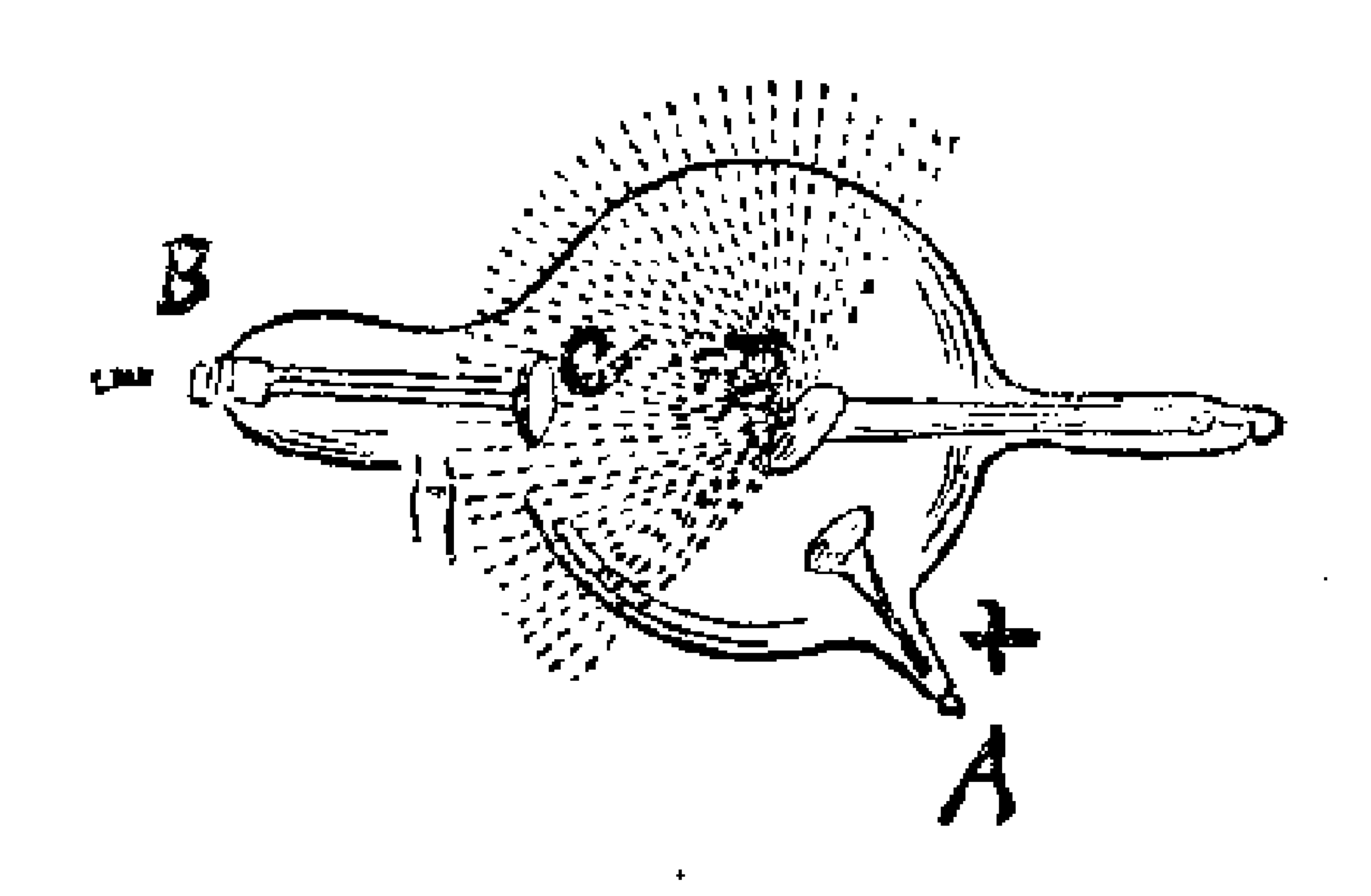
第三節　放射光線之發明

一、郎根(William Conrad Röntgen 1846-1923)

郎根德之物理學家也。生於來因省(Rhine Province)之冷訥(Lennep)地方。一八六八年卒業祖烈熙(Zurich)大學，得博士學位。曾充基生(Giessen)及舒茲堡(Würzbury)等大學教授。一八九五年某月日，氏試驗可導光，以一黑鏡與發光器相照，黑鏡竟通體透明；繼以木板置於黑鏡與發光器之間，黑鏡透明如故；後復以手置於黑鏡前，則手中骨節，歷歷在目。氏發見此光線，無以名之，名之曰愛克司光線 (X-rays)；後世亦稱爲郎根光線(Rontgen rays)，蓋紀念之也。

郎氏考得凡陰極所發之電，觸於玻璃管壁之任何處，或觸於管內所容之任何物，皆能發生愛克司光線。通常發生此種光線之器具，如上圖：P爲一厚白金片，置於泡形玻璃管之中央，C爲凹形之陰極。當陰極B發

電時，電卽集焦點於P表面之某處，而由此處發生向各



方輻射之愛克司光線焉。

此光線發明後，於醫學上大有裨益，因體內之病，均可以之窺測，而定療治之方術。又其特性，能將不透光之物質，通過光線，使之瑩澈呈露，以得隔體照相，故常利用爲照相之特殊工具。唯尋常照相，被照之物，利用反射光。照物之鏡，利用斜射光；此則單用愛克司光；故與尋常照相，實有別耳。

二、彭格來(Henri Becquerel 1852-)

彭格來法之物理學家也，生於巴黎城。曾任巴黎大學物理學教授。一八九六年某日，以不透光黑紙包裹照

相乾片，置於貯藏化學藥品之櫃內，並壓物於其上。後啟視，見壓物之處，遺留一影；此蓋因其餘部分已感光，壓物之處則否也。氏甚奇之，復以同樣之乾片試之，結果亦然。後欲尋出何種化學藥品所生之作用，因每抽出一種藥品。再以乾片置入，如是者數次；最後乃知其為鈾質(Uranium)。因得結論，謂：鈾質能自發一種光線，此光線能通過不透明體，並能感應照相乾片，與愛克司光線無異。自是以還，遂引起一般物理學者之注意，咸研究已知原質中，有無與鈾所具同樣特性者，而發明遂日益增加。以後，凡此等光線，謂之彭格來光線（Becque-el Rays），凡發此等光線之物質，謂之放射光原質(Radi-active Substance)。

三、居利夫婦

居利(Pierre Curie 1859-1906)法之物理學家也。初習物理學於巴黎大學，一八九五年著磁質與溫度之關係一論文，得博士學位。一八九八年發見鐳質（Ra-dium)，爾後，專究放射光物體。一九〇四年被舉為母校物理學教授；翌年被舉為科學社社員。一九〇六年某月

日，行市中，正深思間，忽重載衝來，未及見，遂被壓而死，享壽僅四十有八。各國科學社聞訃，咸發電致弔，嘆爲科學界上之大不幸；蓋天假以年，以彼其才，行彼其志，將來發明史上，必更有以增其光榮者也。

居利夫人名梅禮(Marie)，姓斯克洛度卡(Sklodwaska)波蘭人，一八六七年生於淮肅(Warsaw)都城。曾至巴黎大學研究物理，畢業後，在彭格來教授之實驗室，繼續研究者有年。一八九五年，與居利結婚，共致力於鐳質之發明。一九〇三年，瑞典科學社以居氏夫婦，有功於物理學界，以諾貝爾(Alfred Nobel)之贈金八萬圓贈之。次年，著鐳之論文，舉博士。居氏卒，夫人代之爲大學教授，法國大學以婦人爲教授，此其破天荒也。一九二一年，遊歷至美，美人曾作種種表示，以致其欽崇之意：一、各著名大學贈以名譽博士學位；二、美總統受全美婦人委託，贈以價值巨萬之鐳一克；三、美國化學會(American Chemical Society)贈以吉鉢奬章(The Williard Gibb Medal)。噫，亦榮矣。聞巴黎設有鐳學校(Radium Institude)，夫人現尚充其中之科學部教授云。

彭格來光線發明後，居利夫婦，乃極力研究鈾質所從出之瀝青礦(Pitchblende)。一八九八年發見一種射光能力，較之純鈾迅速四倍；奇之，疑瀝青中必另涵有不同之新原質。於是苦心孤詣，化瀝青數噸，以分析之；結果，得新原質一釐之百分之幾，因名之曰鐳（亦譯銑或類電母)。鐳之外觀及化學的性狀，與鋇(barium)相髣髴。其放射之光線，能穿過實質之物體，惟金石與骨節，視肉質為稍遜；以之照相，尙不及愛克司光之明晰。又有撲殺細菌，破壞贅瘤細胞，及制止種子發育，等等能力，故醫學上甚占重要之位置。鐳之原子，每秒鐘能分解極微之質點，故能力逐漸減少，但異常緩慢；分解之結果，能變成一種異種之原質氦(helium)。原質不變之定律，將從此失去其存在之價值矣。

瀝青礦在波希米亞出產頗多，惟所涵鐳質，極居少量，每礦石一千萬分，僅不過一分而已。職是之故，價格奇昂，每十格蘭姆之鐳，須銀八萬圓之譜。欲知礦中是否有鐳，首宜用照相乾片試驗之，次再用不透光之紙，包裹乾片，封入礦內；二十四小時後啟示，如其上有深

色之黑斑者,中必有鐳無疑也。

有放射能之物質,除鈾鐳外,近來又發見數十種之多。此等物質所發出之光線,其性質可約略分之爲三類:(一)α線,含陽極性電子,放射速度,約爲光速度十五分之一;穿透力弱,用極强磁氣,能使之彎曲。(二)β線,含陰極性電子,放射速度,與光速度相等;穿透力百倍α線;磁氣亦能使之彎曲,惟彎曲方向,則與α線相反。(三)γ線,其性質與X線相似;放射速度,亦與光速度相等;任何强之磁氣,不能使之彎曲;穿透力萬倍β線,雖一尺厚之鐵片,亦能穿透無礙。

第四節 電磁學之發明及應用

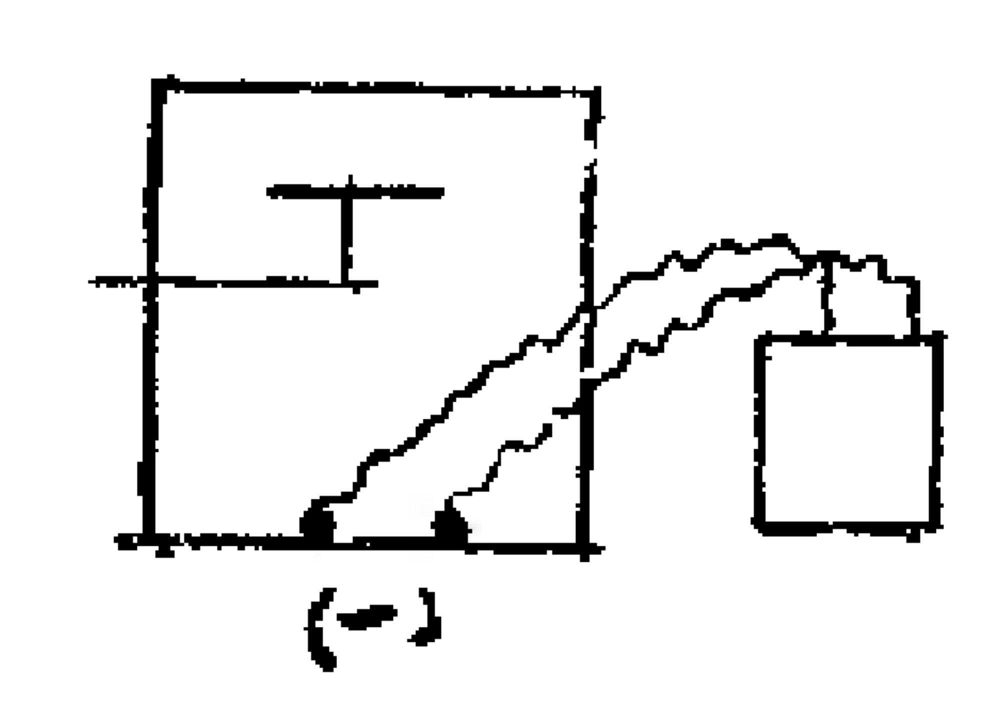
一、阿爾斯達(Hans Christian Oersted 1771-1857)

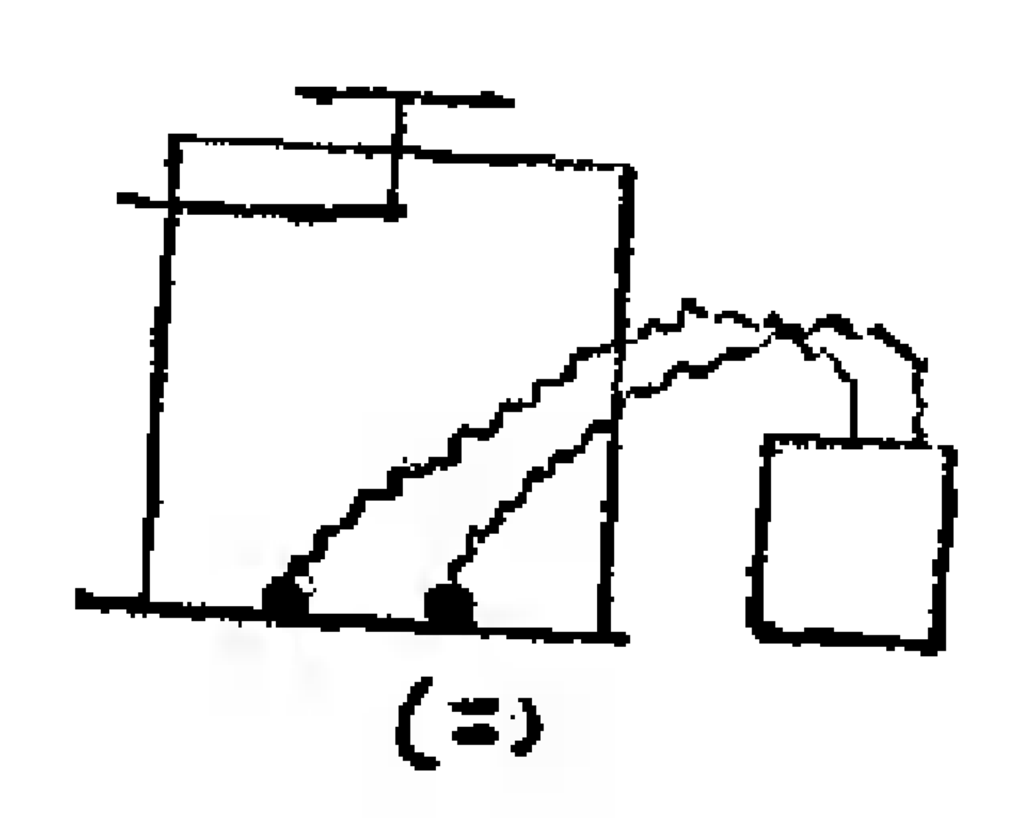
阿爾斯達丹麥物理學家也。一八一九年,以磁針通電,見針旋轉不已,而針對於電線,每成正角,因悟磁與電有密切之關係。翌年著文公世,遂引起學者之研究焉。

二、安培(André Marie Ampère 1775-1836)

安培法人動電學之鼻祖也。曾充巴黎實業學校及

法國學院之教授。一八二〇年聞阿爾斯達之試驗，乃重新研究之。先通某種電流，見磁針之旋轉，自左而右；次互換通電之銅梂，則磁針之旋轉，自右而左。後將磁針移高(圖二)，再如上法試之，則見前之自左而右者，今則自右而左，前之自右而左者，今則自左而右，前後適得其反。氏謂磁針通電後，四周均已變爲磁場，故其旋轉之方向，因而不同。當其旋轉時，何端爲南極，何端爲北極，原無分別。但使之繼續旋轉，則一端變爲北極，他端必變爲南極；一端變爲南極，他端必變爲北極。因此生出兩大作用：一、通電流以造磁石；二、造量電流之表度。後人應用其理，於是有電報，電話，電鈴，等等之發明。(一八四四年美人莫耳斯 Morse 發明商業電報，一八九六年意人馬可尼G. Marconi發明無線電報。一八七六年，美人葛雷


(一)


(二)

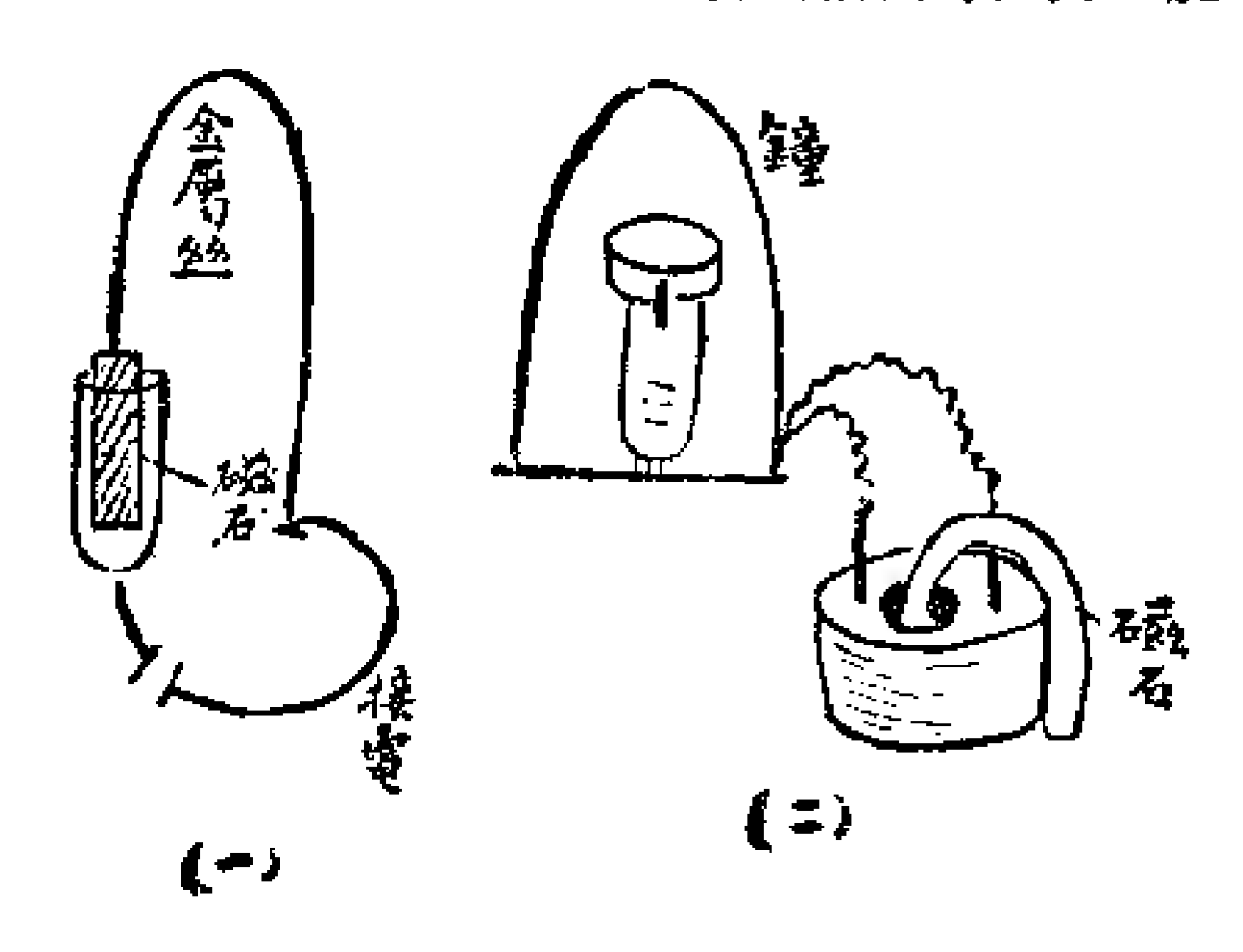
Elisha Gray 與貝爾 Alexander Graham Bell 發明電話。) 安氏於一八二三年，著電流之磁力一書，風行各國。學者以氏首先用電流所發磁力，以研究電流之量，故以安培二字，代表電流之單位，示不忘所自也。

三、法勒第(Michael Faraday 1791-1867)

法勒第英人，父業製鐵，家極貧。年十三，傭於書肆，習裝訂事。然性喜讀書，每趁暇晷，披閱卷冊；尤注意賴翁斯(Lyons)之電學實驗，及大英百科全書之電學篇。一八一三年入皇家學院爲化學鉅子兌維 (Sir Humphrey Davy)試驗室之助手，或聆講論，或閱書報，或作實驗，由是於化學一道，造詣頗深；一八二五年乃升該院院長焉。

法氏於電學，爲不祧之祖。初根據磁場各點，無分南北，曾作一種試驗。如圖一，通電流，使金屬絲在磁石之四周旋轉，換電流，則其方向卽變；此爲由電生磁之方法。氏深信動磁必能發生電流，然實驗七年，毫無效果；至一八三一年始證明之。如圖二裝置，鐘內之針，本屬靜止，及磁石放下時，則立刻旋轉，旣放下後，則又靜

止。然若再將磁石驟然抽出，則當其抽出時，針亦旋轉



不已。磁石之放下或抽出愈快，則針之旋轉愈甚；此即磁石生電流之現象也。此偉大之發明，為電學上開一新紀元；電車電燈，胥應用此理而作。（一八七九年柏林電車鐵路告成，是為電車之始。一八七六年節柏洛考 Paul Jablochkow 發明炭弧燈，一八七八年勃拉許 C. F. Brush 發明電弧燈，一八四五年卿 E. A. King 一八四八年斯推忒 W. E. Staite 均有熾熱燈之創製，一八七九年愛迭生 Thomas Alva Edison 更發明炭絲燈。）

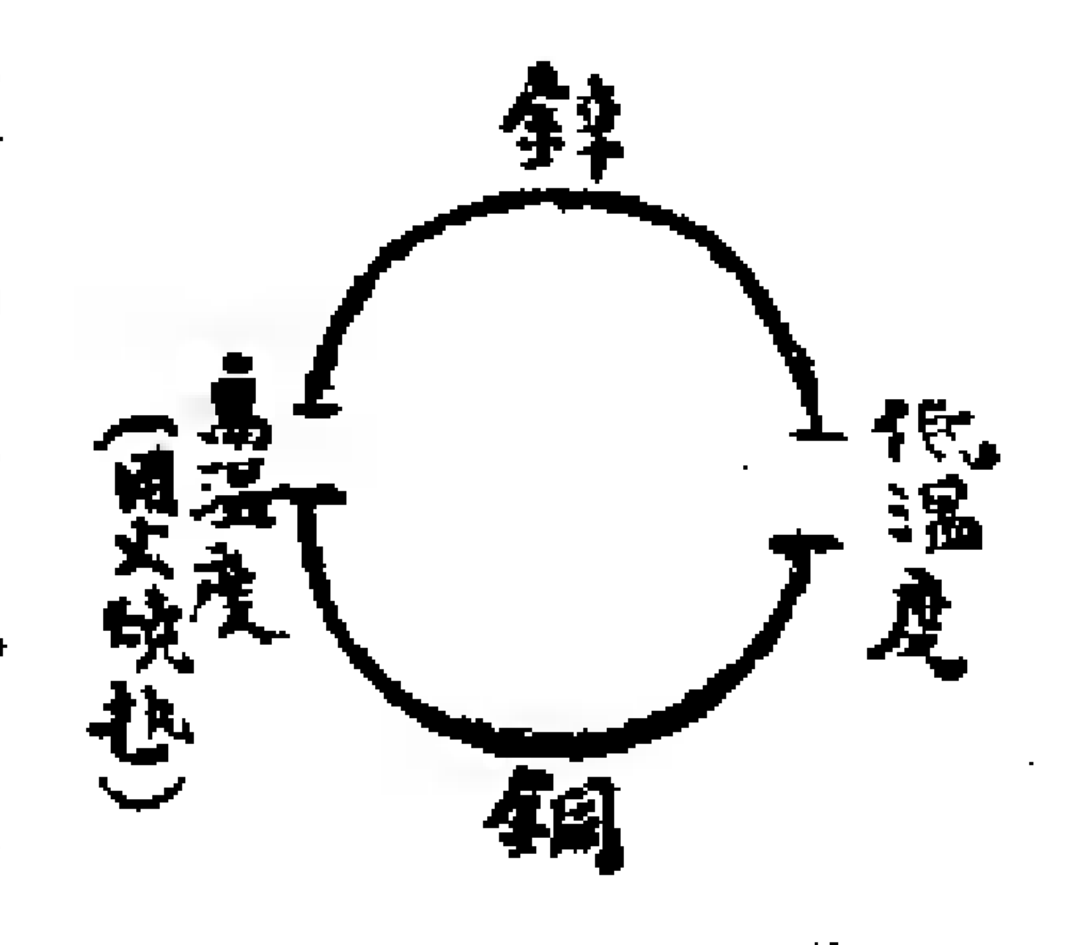
法氏研究電與光之關係，多年不得要領；一八四五

年九月，方始發見。法以矽硼酸鉛製的玻璃，置磁場內，以偏向之光線，順磁力線方向穿過玻璃，則其偏光之平面，爲之旋轉不已云。

法氏發明極多，其最著者爲電解量之定律(Quantitative Law of Electrolysis)，亦稱法勒第定律；現名電量之單位曰法勒第(Farad)，蓋紀念之也。著有實驗研究(Experimental Researches)一書行世。

四、隋柏克(Thomas Johann Seebeck 1770-1831)

隋柏克德人。以平常試驗，通電生熱，欲利用熱力而生電力；但普通用熱力轉動機械，使生電力，尚是間接的，氏則更思得熱力直接的所生之電力。氏謂地球有南北極，爲天然之一大磁場，然既爲磁場，亦必有電流，此電流之發生，因



地球一半向日，一半背日，向日之一半溫度高，背日之一半溫度低，溫度不同，電流生焉。然此種理想，可以試驗徵實之乎？氏因以一鋅絲，一銅絲，連接成匝(如圖)，

一方施以高溫度，一方施以低溫度，果得電流；熱力可生電力，由是證明。但須若干溫度，始得若干電流，則尚有待後人之研究也。

五、馬克斯威爾 (James Clerk Maxwell 1831-1879)

馬克斯威爾英之數學家物理學家也。肄業劍橋大學時，頗研究法勒第之實驗研究，而以數學的公式表示法氏試驗之結果。云：『法氏方法，亦係數學之性質，但未用數學的公式表示之；法氏見力之綫，橫貫空間，數學家見力之中心，在空中互相吸引；法氏在媒介中之動作上，求現象之地盤，而數學家則在動作之能力上，求現象之地盤。』彼以高深的數學思想，推論磁電之間，必有一種媒介物，否則不發生關係；此種媒介物，與光學上所解釋之「以太」一而二，二而一，其進行之速度同，亦能發生波浪(電浪)，凡反射，屈折，等性質，靡不畢具。於是將電力理論與光學理論，鎔成一片，而光之電磁理論(The Electromagnetic Theory of Light)從此產生焉。一八七三年，刊行其鉅著電磁討論 (Treatise

on Electricity and Magnetism)；以其與根據之數理，過於玄奧，故當時除少數學者外，歡迎彼之學說者，殊不多覯也。

六、海子(Heinrich Hertz 1857-1894)

海子德人，韓和芝之弟子也，因其師暨釋馬克斯威爾之學說，遂於一八八八年，專心研究電浪之眞相。渠以甲乙二驗電器，遙遙對置，各不相連；於

甲器通電，使之不絕的發生火花，同時乙器雖未通電，亦有同樣之反應；如裝以電鈴，則鈴亦能震響。此可見甲器定有電浪傳至乙器無疑。得此證實，馬氏學說，遂臻鞏固焉。由此觀之，科學方法，不能純恃演繹，亦不能純恃歸納，二者當兼重並用：有時不得不用歸納，有時亦不得不用演繹；若馬克斯威爾所用者爲歸納，而海子所用者則爲演繹矣。

海氏曾測得電浪較光浪爲長；並說明如何發生電浪及應用之方法。後來無線電之發明，實海氏試驗電浪

之直接的結果。而學者欲紀念之也，乃名電浪爲海子浪(Hertz Waves)云。

七、歐姆(George Ohm 1789-1854)

歐姆德之物理學家也。一八二七年宣布其所發明之定律，云：「凡電池所運電流，恆與電原動力爲正比例，而與其週路之電阻力爲反比例，」是卽以稱歐姆定律(Ohm's Law)。科學家以高一〇六・三糎及橫截面一方粍之汞柱，在攝氏零度時通電後，所生之阻力，爲量電阻力之標準單位，而名此單位曰一歐姆。

八、愷爾文男爵(Lord Kelvin 1824-1907)

愷爾文男爵，卽威廉湯姆生(Sir William Thomson)，英政府以其發明功偉，錫以是銜；愷爾文本爲其母校格拉斯哥大學附側之河名，蓋示不忘其淵源所自也。氏生於愛爾蘭之白爾佛斯忒(Belfast)城。父詹姆斯(James)爲有名數學家，曾主講格校。氏卒業格校後，更至劍橋大學肄業，畢試成績，褒然舉首。一八四八年格校自然哲學教授邁克爾漢(Meilkleham)博士卒，氏繼之，居是位者前後凡五十餘年。

氏發明甚多，於熱學上曾創製絕對溫度計，又定熱力學之第二定律，云：『在一自動機之內，不藉外力，熱不能自低溫度之物，傳至高溫度之物。』然其在電學上之貢獻，爲尤鉅大：一八五三年作來頓瓶之搖蕩放電一文，言鐳射電報之應用，爲馬可尼發明無線電之嚆矢。一八五三年刊布水底通電之方法，一八五八年爲大西洋水電公司之總理，初次線脫，失敗；一八六六年發明電流鏡，以爲接電信之用，然通信七百二次，線斷，又遭失敗；直至一八八六年，大西洋水電，始告成功焉。

九、湯姆生(J. J. Thomson 1856-)

湯姆生英之孟撒斯忒人，畢業於劍橋大學，自一八八四年後爲該校物理學教授。創電子說(The Electron Theory)，謂：電爲電子之總稱，而電子爲化學原子之本質，凡原子之質量，均由電子結合而成。電子之微小，不可思議，僅不過一輕氣原子之二千分之一，其運動似與純粹之陰電相同。自此說出，物理學上又增一新解釋矣。

第五節　化學上之新事業

一、達爾頓(John Dalton 1766-1844)

達爾頓英之戡伯蘭(Cumberland)人，父爲織工，家無儋石。氏年十二，卽舌耕自給。稍長，得與盲學者高茨(Gouth)往來，承其指導，於是通希臘拉丁文，數學及自然科學等學。氏於科學之研究，始於物理，而後及於化學，二者俱有所發明；惟最足以傳其不朽之令名者，則在化學，因其闡明原子說(Atomic Theory)而爲近世化學建築穩定之基礎也。

往者德摩克立達曾創物質起於原子之說，然荒渺無稽，理不清晰；迨達氏起，始將此說確定，謂原子爲化學上物質分合之根原。其說約分三事：一、化學原質，均由極微小而具自立性之原子構造而成。二、各種原質之原子及原子質量，均相同；不同之原質，其原子及原子質量，亦不相同；無論原子如何改變，其質量則絕不改變。三、幾種不同之原質相化合，成一種化合物，此種化合物之內容，係各種原質，各以若干原子，以最簡之比例數，彼此化合。

達氏既確定此說之後，乃進而研究相對的原子量

(Relative atomic weight),其結果,翔載於其化學新詮(A New System of Chemical Philosophy)一書中。後又擬代表原子之符號,法以每原質爲一圈,而於圈中作種種標識以別之,例如:輕◉養○炭●硝⦶硫⊕水○◉硝養⦶○一養化炭●○等等是。

二、兌維(Sir Humphrey Davy 1778-1829)

兌維英康沃爾(Cornwall)之烹森斯(Penzance)產,少穎悟過人,閱覽書籍,過目不忘。年二十,讀拉瓦謝之化學初桄(Elements of Chemistry)大爲所感動,因專研究化學。一七九八年老立斯托(Bristol)藥學校,延氏爲其試驗室長;氏在此間,勤於試驗,成績斐然,而發明笑氣(Nitrous Oxide),尤爲當世所稱道。當其未發明之先,人皆謂硝養氣爲毒烈異常之物,而氏不以爲意,親自飲之,幾經昏眩痲木,曾未少沮也。

後皇家學院(Royal Institution)震其名,聘爲化學講師;未幾,升爲教授,一八○三年被舉爲皇家學會會員,一八○七年更被舉爲該學會書記。同年用電力分解法,發見鉀(Potassium)鈉(Sodium)二原質。越明年,分

解鋇土(Baryta)鍶土(Strontia)石灰(lime)，發見鋇(Barium)鍶(Strorium)鈣(Calcium)三原質。一九一〇年，證明鹽酸中之酸質，爲單體原質，名之曰綠(Chlorine)，謂鹽酸中無養氣之存在；於是拉瓦謝酸必含養之說，從此解體矣。一八一五年發明安全礦燈，爾後炭鑛無爆發之患者，實受氏之賜。一八一八年晉男爵，一八二〇年爲皇家學會會長，一八二七年卒於旅次。

三、倍 留斯(Johann Jacob Berzelius 1779-1848)

倍滋留斯瑞典之化學家也會入厄不撒拉(Upsala)大學習藥學，於化學發生興趣，遂致力焉。一八〇一年卒業；次年爲斯篤亨(Stockhalm)大學藥學及植物學助教。後五年，升正教授；自設化學實驗室，以事究研。一八一五年得見鈳(Columbium)硒(Selenium)之分離，一八二八年發見新原質釷(Thorium)；然其生平最著之學績，則有下之三事：

(1)原子量之測定　達爾頓原子說未出之前，倍氏已分析鹽類而發見其比例；及既聞其緒論，乃益肆力於分析，以求測定各種原質之原子量。但達氏認單純原子

之存在，倍氏則認複體原子之存在，二氏之原子觀念，微有不同耳。倍氏所測定之原子量，幾經修訂；據其一八二六年所發表者，與現在通用者比除鈉鉀銀外，大抵相差無幾，茲錄於左：

	倍氏測定者	現在通用者		倍氏測定者	現在通用者
炭	12.24	11.9	鉛	207.4	205.4
養	16.0	15.88	汞	202.8	199.0
硫	32.24	31.83	銅	63.4	63.1
硝	14.18	14.00	鐵	54.4	55.6
綠	35.47	35.2	鈉	46.6	22.9
燐	31.4	30.8	鉀	78.5	38.9
砒	75.3	74.5	銀	216.7	107.1

(2)電化說之主張　倍氏主張電化說 (Electro-chemical Theory)，謂「任何原子，都具電性；陰陽二電，同載於此至微莫破之質點中。但以其電量不同之故，此質點於是有陰陽之分。其陽電多而陰電少者，質點則帶陽電性，而當電流分解時，出現於陰極；其陰電多而陽電少者，其質點之現象則相反。」此說現已有他說起而代

替之，然在當時，則頗爲一般學者所歡迎。

(3)二性系之理論　倍氏既主張電化說，於是又有二性系 (Dualitsic System) 之理論，謂：「化合物由於電性互異之兩部分而成，若電性相同，則不能成其爲化合物。」如養化鋇爲陽性之鋇，與陰性之養化合而成 ($Ba^{+}O^{-}$)；炭酸爲陽性之炭，與陰性之養化合而成 ($C^{+}O_2^{-}$) 是。此語現已爲一元說 (Unitary Conception) 所代替。

四、阜婁 (Friederich Wohler 1800-1882)

阜婁德人，名人子也。年二十，肄業馬耳堡 (Marbury) 大學，習醫；旋轉赫特爾堡改習化學。畢業後，請業於倍隨留斯之門，倍氏極敬愛之，嘗引爲砌磋良友。一八二五年，爲柏林商業學校化學教授。一八三五年，轉聘爲戈亭根大學化學教授。一八五四年，英皇家學會舉之爲會員，一八六四年法國科學社舉之爲社員，一八七二年英皇家學會更贈柯勃立獎章 (Copley metal) 以尊榮之。

阜氏長於著述，刊布言論。幾等其身；總括其生平

重要之發明，約下列數件：

(1)鋁之發見　阜氏於一八二七年以無水綠化鋁加鉀而蒸熱之，發見鋁(Aluminium)之一原質；其變化如下：$AlCl_3+3K \rightarrow 3KCl+Al$

(2)有機化學之肇端　次年，阜氏以錆酸氣之水溶液加熱，得尿酸，$NH_4OCN \rightarrow NH_2CONH_2$是爲有機化學之肇端；蓋由無機之材料(錆酸氣)，而變成有機之物體，前古所未有者也。

(3)同質異性說之成立　當阜氏在倍隨留斯試驗室研究錆酸(Cyanogen)時，有化學大家黎別希者，則在巴黎蓋呂撒克(Gay-Lussac 1778-1850)試驗室研究雷酸(fulminic acid)，及結果公布，則彼此相同，原質成分，均無稍差異，而錆酸雷酸之性質，則絕不相蒙。二人驚奇無似，然固未識荊；及邂逅友人家，握手傾心，恨相見之晚，相與討論研究結果，於是有同質異性說(Isomerism)出焉。爾後，二人共致力於有機化學之研究，發表結果，則彼此聯名；一時學界領袖，無不景仰二人者。

五、黎別希(Justus Liebig 1803-1873)

黎別希德人，年十五，爲藥肆學徒，性喜作化學之實驗。次年，入波恩(Bonn)大學，化學教師客斯納(Kastner)頗器重之；後客斯納就愛爾郎根(Erlangen)大學教授職，黎氏亦從之，一八二二年舉化學博士。次年，至巴黎蓋呂撒克之實驗室研究；後爲基生繆尼克(Munich)兩大學教授。其生平發明，可分三大類敘述之：

(1)有機化學　黎氏曾創製凝氣管(Liebig Condenser)，加里球(Liebig Buld)等分析工具。所發明之物質，有雷酸，麻醉劑等。所發明之學說，則有同質異性說，及有機根說(Theory of Organic Radicles)，皆與阜婁共之；前者業已言及，後者由研究苦杏仁酸之結果而成，謂：「有機物質之一羣，當化學變化時，固結不解，與無機中之原質無異。」

(2)農業化學　黎氏爲農業化學之始祖。曾分析植物構成之原質，如輕，養，炭，淡，硫，燐，鉀，等；並考察其來源，謂：輕吸自水分，養炭吸自空氣，淡硫燐鉀之屬，皆吸自土中之礦質。又慮土中礦質易於竭盡也，於是又研究人造肥料之方法；一八四五年所製礦糞，收效

甚著。

(3)生理化學　生理化學亦爲黎氏所創始。其研究之結果，略舉如下：a. 動物體中含淡質之性質構造，與植物體中之含淡質相似；b. 物動血液中蛋白質之造成，必借助於已成之蛋白質；c. 動物之體熱，爲食物入臟胃後所起化學作用之結果；d. 人類食物可分爲生肌食物(Plastic food)助息食物(Respiratory food)兩大類；礦質亦爲食物中所必需包含分子；f. 人體中炭氣變化之殘餘，爲炭酸氣，淡氣變化之殘餘則爲尿。

六、諾般爾(Alfred Nobel 1833-1896)

諾般爾瑞典化學家，炸藥之發明者也。留學美邦，得爲工師。返國後，以新法製甘油炸藥(Nitroglycerin)，然以性易爆發，輸運維艱；乃改創緩性炸藥。此次世界戰爭，所糜炸藥，盈山積谷，皆諾氏產物。諾氏以此發明，名震寰宇，累貲億萬，稱巨富翁。臨終，囑將所有家財，設「諾般爾贈金」，分物理，化學，醫學，文學，及萬國平和，五門；每門四萬金圓，每年無論何國人，如在此五門中大有發明者，即以此款獎贈之。其所以特別提倡和

平者，蓋炸藥發明，爲殺人利器，藉此，聊以稍救其過咎於萬一耳。

七、孟德利夫(D. I. Mendeleeff 1834-1907)

孟德利夫俄之化學家，以教授兼官吏。一八七〇年之頃發明週期律(Periodic Law)，按原子量之大小，將各種原質列爲一表，俱以八進，各直行自成爲一屬。同屬之原質，其鎔化點，化合力，原子量，等特性均相似；相對屬中之相對原質，其特性程度，亦依等量加添。此律發明後，於化學上之貢獻甚大；蓋化學因此成爲簡舞有系統之科學，研究一種原質之性地，即可觸類而旁通；又將來發現未知之新原質，亦可依此爲標準也。

八、剌默塞(Sir William Ramsay 1852-1916)

剌默塞蘇格蘭人，一八六九年入格拉斯高，研究化學；次年，轉赫爾德堡；未幾，又改肄迪本根，以七炭輪質酸與硝基七炭輪質酸(Toluic and Nitrotoluic Acid)論文，得博士學位，然爾後，則舍棄有機而專攻無機，其發明之功績，亦在此而不在彼。一八八七年，教授倫敦大學，聲譽漸起；皇家學會舉之爲會員。

有男爵雷黑(Lord Raleigh)者，衡測來自空氣中之淡氣，見其密度，較由他法所得者常高少許；頗懷疑竇，求解於當時學者。剌氏聞之，亟加研究，知淡中必含有一種未知之氣體；欲將由純淡中設法分出之。淡固易與鎂化合，乃盛鎂於管而熱之；繼通由空氣中所得之淡氣於管 發見一不與鎂化合之氣體，有特別之光帶，因名之曰氬(Argon)。蓋空氣中有五分之四爲淡氣，而淡氣中又有百分之一爲氬也。

一八九五年美國地質學家郗爾伯倫 (Hillebrand) 從礦物中得一種氣體，以爲淡；剌氏詳加試驗，證明其爲氦(Helium)。但洛克約謂其僅存在於日球中，今乃發明之於地球上(後克瑟Kayser證明其存在於空氣中，任何原質，皆不與之化合)，故聞者咸驚訝不置云。

剌氏後又蒸餾多量之氬流體，發見三種新氣體：一曰氖(Neon新之義)，較輕，電感時，能放明亮有火燄之光；一曰氪(Krypton隱藏之義)，較重，能現黃綠二光帶；一曰氙(Xenon罕見之義)，能放青藍色之光，其光帶則極複雜。

剌氏發明，多爲與雷累共同研究之結果，故一九〇四年二人同受諾般爾贈金。剌氏於一九一二年辭倫大職，越四年，患鼻痔而卒。

第六節　天演學說

十九世紀之科學，最稱發達者，厥爲生物學；而生物學上之最佔勢力者，允推天演學說(Theory of Evolution)。天演學說發生甚早，在昔希哲安納息曼德 (Anaximander 610-547 A. D.)，即言人類自魚類變化而來；後亞里士多德從剖解動物之觀察，深信高等動物爲由下等動物而演進。中古以還，此種學說，寂然停頓，無人問津。至十八世紀末葉，達爾文之大父歐勒斯墨達爾文 (Erasmus Darwin 1731-1802)，舊事重提，於是天演學說，爲一般學者所注意，研究之者，所在多有。及十九世紀，則蒨蒨皇皇，蔚爲巨觀矣。

一、拉馬克(Chevalier Lamarck 1774-1829)

拉馬克法人，故家子。幼年肄習神學，長從軍；後解甲歸廬，潛心植物學，九閱寒署，成法蘭西植物一書。五十歲後，復變更旨趣，攻治動物學，於無脊骨之動物中，

尋出證據，發爲天演學說，而鼎鼎盛名，遂肇於是矣。其學說可分兩點：

(1)用進廢退論 (Use and Disuse) ——凡動物身體之各機關，習用者則逐漸發展，而作用進步；廢而不用者，則逐漸衰弱，而作用退步。如榜人手臂，晨夕操篙，故其筋肉，特別發達，而膂力日增；條蟲寄生人體，食人所已消化之食物，自己無須再事消化，故其消化器官，因而消滅焉。

(2)後獲性質之遺傳 (Heredity of Acquired Character)——凡後天所獲之性質，悉可遺傳於其嗣裔，是卽異種之所由來。如鴨常泅水，趾間因習用而生蹼，後代之鴨，靡不有蹼者；駝鹿(Giraffe)常探取樹巔之葉以爲食，頸因習用而加長，歷代相傳，其子孫遂亦皆長頸矣。

二、達爾文(Charles Darwin 1809-1382)

天演學說能成爲有條理有定式之學說，堅立生物學之基礎，而予哲學，藝術，政治，宗教，社會，及其餘一切科學，以根本上無窮之影響者，伊爲誰乎？英吉利之

查理斯達爾文其人是也。達氏生於一八〇九年，即拉馬克刊布動物哲學(Philosophy of zoology) 之一年；父爲名醫，祖爲博物學家，天演學說之先導也。氏髫齡卽好博物之學，年十六，至蘇格蘭學醫，非其性所近，無過人成績。父欲其將來爲牧師，乃於一八二八年遣之入劍橋大學；然亦非其志，嘗於課外聆植物學教授韓斯羅(Henslow)地質學教授薛維克(Sidgwick)之講演。卒業後，並從薛維克請業。一八三一年，英政府派比古爾艦(Beagle)，測量南美沿岸，及太平洋諸島之時刻；承韓斯羅之委薦，得與艦長偕行，於是年十二月二十七日放洋。閱五載，滿載天演學說之資料以歸；一生彪炳盛業，從斯定奪矣。

達氏身體羸弱，益以航行異域，勤於生物，地質之考察，劬勞過度，有礙健康；故三十歲後，無日不在疾病困苦之中。但用心愈甚，其病愈輕；此殆彼蒼之所以成就此不世出之偉人歟。達氏研究生物，隨時隨地，無不極用其心：一日，過叢林中，見二鞘翼蟲，急以雙手，各捉其一；稍遲，又見一鞘翼蟲，乃納其一入口內，而捉此

第三者：齧口中之蟲，放射毒液，急吐出，變手弛懈，則三蟲均已飛去。此種精神，令人歎服止矣。

達氏天演學說，非憑空構架，實根據古生物學(Paleontology)形體學(Morphology)生理學(Physiology)及生育學(Genetics)四種學問而來；至其學說之內容，可分三層：

(1)變異(Variation)——有生之物，芸芸擾擾，不能有絕對相同者，無論如何，總有差異；不特非吾族類者為然，即同懷骨肉，亦復如是；試問誰氏弟兄，形容狀貌，能一一畢肖乎?此中又可分二層：一曰人為的變異(Artificial Variation)，乃受人為的環境之影響；如雞本能飛翔，及養之於塒，則雖有兩翼，亦只能躑躅階庭而已矣。一曰天然變異(Natural Variation)，乃自然而然之差別；如草木之枝葉根幹，鳥獸之羽毛齒角，此有此形，彼有彼狀，或美或醜，或麤或細，各不相同也，

(2)競存(Struggle for Existance)——有生之物，任其孳乳蕃殖，則其數不可思議，而世界將無容處。如鱒魚(traut)每次產卵，多則十萬，少亦六萬；若長此以

柱，則大宇溥溥，大宙浩浩，無非鰭魚矣。又如血蟲(Blood Worm)，每夏發生五次，每次產卵，至少一萬有奇；若悉數生存，則歷代遞進，盈天塞地，皆血蟲也。然於此有至理焉，卽生存競爭是：異種與異種競，同種與同種競，弱者敗而亡，強者勝而存，天演淘汰，莫能外此，如食物不給，強者得之，弱者餓斃焉；祁寒盛暑，強者足以抵禦之，弱者凍而死熱而死焉。他如旱潦霜潦，疾風暴雨，災疫仇敵，何莫非優劣存亡之關鍵乎？

(3)天擇(Natural Selection)——競存之結果，凡生物之變異，適宜於環境者生存，否者滅亡，是卽天擇。申言之，天者自然，天擇者卽自然選擇各種生物中最優良之分子，便能生存於大千之上也。故達氏主張新物種之所由變成，乃天擇之結果。

昔歐勒斯墨達爾文及拉馬克，對於變異競存二層，均曾經研究，惟天擇則未之及。後英解剖學家歐溫(Richard Owen 1804-1892)，比較鳥獸之頭部；英植物學家虎克耳(Joseph Dalton Hooker 1817-?)研究各地方各種植物之功用及體質；斯賓塞研究人類之戶口；赫

胥黎研究水母類(Hydrozoa)之后口;之數人者,對於天擇學說,略有觀念,第尚不知名之爲何耳。達爾文出,始一語破的,洩盡萬古之秘;故天擇一曆,實達氏學說之精粹也。

達氏爲人小心翼翼,天演學說,不肯遽以問世;初僅以鉛筆記其大概,凡二十五頁。一八四四年之夏,作論文二百三十頁,與至友虎克耳雷侠兒討論,二人勸之出版,然尚懷猶豫。後以其說質諸美哈佛大學教授葛雷(Asa Gray 1810-1888)及阿葛息(Louis Agassiz 1807-1873),葛雷甚表贊同,阿葛息則持「特造」之說,極端反對之;故其文稿,遂更庋藏唯謹矣。

一八五八年,以雷侠兒之再四敦促,將就第二次論文,詳加釐政,成物種由來(Origin of Species)一書。適沃力斯以其論文變種大異於原種之趨勢(On the Tendency of Varies to Depart Infinitely from the Original Type)寄示,中對於生存競爭,動物繁殖之速率,生存者之多寡以食物爲轉移,各點;與達氏二十年來所研究者,深相符合。達氏披閱之餘,不勝詫異,亟送呈

雷俠兒，請將此文刊布，而情願犧牲自己之著述。雷俠兒深感其高誼，乃與虎克耳弁爲叙言，將二氏著作，於是年七月一日，同宣讀於林奈學會(Linnean Society)，而同揭登於次月之會報焉。是爲物種由來問世之經過情形也。

達氏常自己批評自己之學說，必至顚撲不破，無可置辯時，爲肯罷休。反對者之言論，則有聞必錄，以爲將來證明學說之根據；嘗謂反對之說，最易遺忘，故不可輕易放過。虛懷若谷，審縝周密，蓋有足多者。

達氏著述侈隆，其最著者，除物種由來外，尙有人種由來人物感情兩書。前者，一八七一年出版，闡明庶物同原之理，謂人類爲猿猴所進化；此爲科學上之大革命，而與信仰宗教者，枘鑿不相容。故有達爾文學派及反對達爾文學派之分；反覆詰難後，反對派卒爲眞理所制服。後者，一八七二年出版，與前者互相表裏，其內容：曰苦，曰涕，曰怖，曰憂，曰哀，曰頹，曰失望，曰喜，曰樂，曰情，曰愛，曰憐，曰思，曰不平，曰恨，曰怒，曰慢，曰輕，曰厭，曰罪，曰驕，曰弱，曰耐，曰是非，曰驚，

曰訝,曰畏,曰恐,曰恥,曰怯,曰歡,曰羞;於心理學之發明,獻助不少。

三、沃力斯(Alfred Russell Wallace 1823-1915)

沃力斯英人,後達氏十三年生。少學工程,弱冠後,漸喜研究博物學,及讀達氏著述,興趣更加濃厚。一八四八年往南美巴西之亞瑪孫河等處,採集博物標本,著亞瑪孫河與黑河遊記(Travels on the Amazon and Rio Negro),於一八五三年出版。一八五四至一八六二年,復往馬來羣島採集,並研究該地動植物之分布;其詳情,載後來一八六九年所印行之馬來羣島遊記(The Malay Archipelage)中。是時,日求種屬所以變異之原因;一八五八年養疴麻喇甲,忽思馬爾瑟斯(Malthus 1766-1834)人口論,有云:「人口以等比級數而增加,食物以等差級數而增加,因有食物之爭競,强者勝而弱者敗」,遂悟物競天擇之理。當晚,篝燈爲文,郵寄達氏;是卽一八五八年七月一日宣讀於林奈學會之變種大異於原種之趨勢傑著也。相隔重洋,各不相謀,而理歸一貫,信如鄂爾騰所謂「科學史上可驚可歎之事」矣。

沃氏於一八七一年，彙集舊作及近作爲一書，顏曰，對於天擇學說之貢獻(Contributions to the Theory of Natural Selection)，中有不盡贊同「人之進化悉由天擇」之論調，謂此外尙有他原因；此其與達氏學說之持異處。晚年，復懷疑達氏匹擇 (Sexual Selection天擇中之一點)說，語見其中年所著達爾文主義 (Darwinism)中。至此書所以如是名之者，蓋以達氏發明天演學說，實在其前，不應自居其功，沒人之美；其謙讓之德，爲不可及也！

沃氏著作宏富，不可勝計；其遊蹤所至，幾遍全球。一八八二年，劍橋贈以法學博士學位；越七年，牛津贈以民法博士學位；一八九〇年，皇家學會贈以第一次之達爾文獎章。

四、斯賓塞(Herbart Spencer 1820-1903)

斯賓塞英人，幼時好捕蜻蛉螽斯等物，以察其形狀；捜養芊蠋蛣蟵之屬，以觀其成長。十三歲，從叔父習拉丁希臘文，數學，機械學，土木學，建築學，等。十七歲，被聘爲鐵道工程師。一八四一年，辭歸，研究數學；

採集植物，並圖繪其形；文學一道，亦頗致意。一八四八至一八五二年，爲經濟雜誌編輯員；是時，甚醉心於天演學說；一八五四年後，信仰益堅。一八六二年著綜合哲學 (Synthetic Philosophy)，謂：哲學，心理學，生物學，社會學，倫理學，等等，莫不有其天演；甚至文體語法，亦無能外此天演之範圍；其解釋天演，蓋極其廣豁矣。但斯氏不滿意於達氏「天擇」說，故易爲「適者生存」說(Survival of the Fittest)。其言曰：『天擇學說，雖大有功於天演，然非天演惟一之原動力。天演之所以成功者，天擇之外，更有外界之刺戟；凡生物體上之各部分，受刺戟愈深者，爲用愈勤，而其發達之程度亦愈高，不受刺戟者則反是』。蓋斯氏固師承拉馬克用進廢退之說者也。

五、赫胥黎 (Thomas Henry Huxley 1825-1859)

赫胥黎英人，肄業倫敦大學，精研動物學及殭石學。年廿一，甫受學位，即赴太平洋一帶，採集考察。一八五○年十一月，扁舟來歸；充某大學博物學教授，旋爲生物學解剖學教授。於天演學說，極力推崇天擇，蓋

達氏第一功臣也。善辭令,到處宣傳天擇之理;雖販夫豎子,亦樂爲之講演。維時,眞宰造物之宗教觀念,尙深入人心,牢不可破,起而反對者,所在多有,尤以威爾孛福(Bishop Wilberforce)歐溫(Robert Owen)格拉斯通(Gladstone)輩爲最。一日,與威爾孛福爭辯,威爾孛福盛氣相向,罵之曰:「爾言人猿同祖,然則若祖若父,皆獮猴耶?」赫氏曰:「與猿同祖,確是事實,余何恥焉?若夫才智過人,不思啟人瞽昧,而乃自欺欺人,使自然生物之道,未由而明,斯誠足恥也已!」相傳歐溫瀕死之日,尙作一文反對赫氏,而赫氏亦曾作一文以駁之云。

六、外斯曼(August Weismann 1834–1914)

外斯曼德之動物學大家。中年後,患目疾,幾喪明。但研究學問,未嘗因此而廢。每探討載籍,倩人朗誦,己則傾耳而聽;觀察物體,倩人從顯微鏡下報述情狀,已則詳加評斷。創遺傳性論,分動物體中之細胞爲兩種:一爲形體細胞(Somatoplasm or body cell),一爲生殖細胞(Germplasm or sex cell),前者發達而爲各部之形體,後者成熟後主生殖作用。物性之遺傳,起於生殖

細胞，與形體細胞無關；形體雖有變異，亦不能影響於生殖細胞；故氏極否認拉馬克後獲遺傳之說。渠曾以鼠試驗，將雌雄鼠尾斬去使之媾精，所生小鼠，仍然有尾；斬至數代，亦復不變；故其信仰，因而益堅云。

外氏本贊同天擇之說，而其最大之貢獻，則不特以生物全體中有天擇作用，卽生殖細胞亦謂有天擇作用，存乎其間；蓋紹述達學者，氏其巨擘也。

七、赫克爾(Ernst Haeckel 1834-1919)

赫克爾德人，初習醫，非性所近；後鑽學博物學，卒成名家。於天演學說，秉承達爾文之所主張；一八六三年在德國博物學會演說，自謂「深信達爾文天演學說，較達氏爲尤篤」洵非虛語。蓋赫氏之言天演，從解剖學，生理學，胚胎學，人種學等等，多方考據，羅陳事實；研究之精，鮮有能及之者。撰述甚閎富，較重要者，有天演學講義，人類之天演，宇宙疑謎，人種之由來，等書。

八、突佛利(Hugo de Vries)

突佛利荷蘭植物學家也。創種畸論(Mutation Theory)，與達氏學說大起衝突。蓋達氏所謂新種發見，由

於天擇，乃曠日持久，徐徐而致；突氏則謂新種之成，由於驟變，非由積漸而生，有驟然發見者，有驟然消滅者，有消滅已久而又驟然復見者。二氏學說，孰是孰非，迄無定評。第達氏生平，雖重實驗，而其書中之歸宿，多半推理；突氏學說，則完全根據實驗；此其不同處耳。

第七節　地質學及三大問題

一、斯密士(William Smith 1769-1839)

斯密士英國地質學之鼻祖也，曾為土木工程師。渠研究岩石內之古生物學，而區分地層之時代，如此地層之古生物，與彼地層之古生物同，則斷定其成立之時代亦同。因是，將英國地層，條分縷析，製為圖表；而後世地層學(Stratigraphy)，遂策源於此矣。

二、雷侠兒(Sir Charles Lyell 1797-1875)

雷侠兒英人，幼習文學，十三歲，忽變更志願，潛攻地質學，後遂成為地質學之鉅子。否認溫諾岩石完全火成之說，而於水成岩火成岩外，另加一種曰變成岩，謂此種岩石，因地面受極大之壓力或溫度而成。一八三〇年，著地質學原則(The Principles of Geology)一書，整

取古來所有之學說，而加以評騭，能抒發自己之主張；地質學上空前之傑作也。自一八三二至一八七一年，再版凡十一次，其受一般學者之歡迎，可想而知矣。

三、達爾文

達爾文固以生物學名家，然地質學上，亦大有其功績。所著博物學者之世界周遊記 (Naturalists Voyage around the World)，詳載南美之地質，及珊瑚島之狀況等等；物種由來中亦有數章言地質者（第十章言地質學考證之不足，第十一章言地質中生物相繼之次序。又著火山區域內地質之經驗，亦當時僅見之書也。達氏於一八三八年，充地質協會書記，與地質學大家雷侠兒為至交，互相探討，互相窮究，彼此受益，均匪淺鮮云。

四、居維葉

居維葉考察地層中化石之異點，而分地層為：太古 (Archaeozoic)，上古 (Paleozoic)，中古(Mesozoic)，近古(Cainozoic)，四時期。有功於地質學上，不亞斯密士。

五、阿葛息(Louis Agassiz 1807-1873)

阿葛息瑞士之博物學大家，與達爾文赫胥黎輩齊

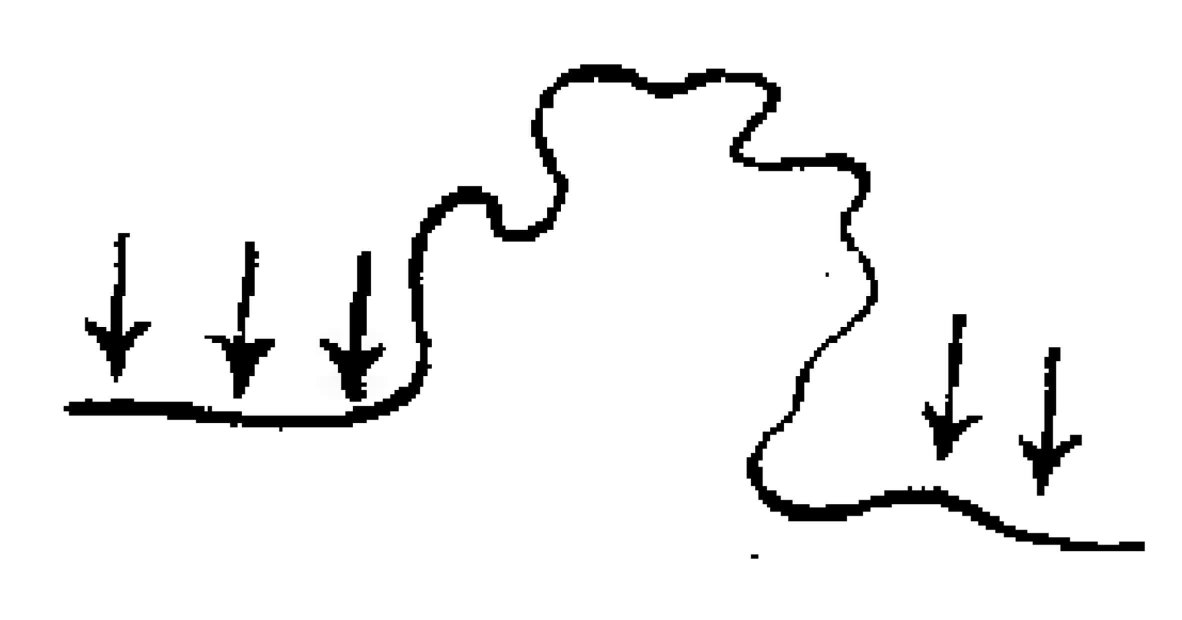
名，治礦石學最精。發明冰河原理（Glacial Theory），謂有若干地形由於冰河剝蝕而成，達氏甚傾服其卓見，自歎勿及。

六、紀琦（Archibald Geikie 1835– ）

紀琦蘇格蘭之地質學家也。謂河流能衝毀岩石，使之變爲泥土，而冲積土之淤積，亦復能成新岩石。此其說，於十九世紀，頗占勢力。

七、垂士（Edward Suess 1831–?）

垂士奧大利亞之地質學家也。一八七一年後，雷爾兒之地質學原則，已不適於用，垂氏另著一書，曰地球之表面（Das Anthlitz der Erde＝The Face of the Earth），大旨，謂地球自邃古以來，



逐漸收縮，地面一切，祇能下降，絕無上升之理。大陸之所以高於海洋，山嶽之所以高於平原者，並非大陸與山嶽 能上升，乃大陸與山嶽兩側之地，向下降落耳。

地質學上有三大問題，尚懸而未決，即I.地球之成

因(Origin of Earth),II.地球之年紀(Ages of Earth),III.地球之內部(Interior of Earth)是;茲略書其梗概:

I.地球之成因　往古之民,謂地球爲上帝所創造,荒渺無稽,不堪齒數。一七五〇年英人賴特(Wright),言地球由太陽所分出,德國大哲康德亦有同樣之主張;但憑空臆想,毫無科學上之根據。迨法天文學家拉普萊斯起,始立「環形星雲學說」。渠嘗窺測土星,見有九衛星,而其旁又有三環形質圍繞之;因悟此九衛星者,必由環形質所凝結而成,此三環質將來亦必成爲衛星,而此種環形質,必自土星中分裂而來。復依力學之理類推,地球之衛星,必自地球分出,而地球又必自太陽分出,地球者,不過太陽中所分出之一環形質耳。此說既出,歐西學者,靡然從之,信爲不刊。一九〇〇年美人錢柏靈(Chamberlin)莫爾頓(Moulton)二氏,否認之,謂有初太陽,運行空中,偶與吸力過大之恆星相值,強弱不敵,本體之一部,遂被爆烈;此爆烈之體,因太陽自轉不已,乃成螺形而纏繞於其外側。每爆烈一次,即

成一行星；地球亦爲太陽爆烈之一體。是卽所謂「螺形星雲學說」也。螺形星雲學說，現已爲美洲人士所信仰；但歐洲尙宗承環形星雲學說者，實繁有徒云。

II.地球之年紀　科學家測算地球之年紀，標準各不相同，較重要者，有下之四種：(1)溫度(Thermal)——一八五四年德物理學家韓和芝謂：太陽發光與熱，乃其體質縮減所致；太初體質，龐碩無倫，其直徑與今日海王星之軌道相埒，厥後漸縮，始成今狀，計其歲年約二〇、〇〇〇、〇〇〇(據彼推算，由今日之冷却，所須年歲，亦與此等)。地球體質，較太陽爲小，且自太陽分出，其年歲當不及如此之多。同時英侃爾文男爵，測得自地面下掘，平均每深六十呎，均增溫度華氏表一度，謂此爲地球外部熱力逐漸發散之佐證；計算其散熱之速度，其年歲自不難求得；據其計算結果，不過一〇、〇〇〇、〇〇〇年。(2)地質(Geological)——地球凝成時，舉皆火成岩石，後經風雨之剝蝕，河海之衝刷，陵谷變遷，於是有水成岩石之產生。據紀琦氏之推算，海底沉澱，每一呎約需七三〇至六八〇〇年始能成功；而地

面上所有水成岩石之厚度，平均約一○○、○○○呎，兩數相乘，則地球年紀，當介乎七三、○○○、○○○至六八○、○○○、○○○年之間。一七一五年郝來(Halley)計算海洋中之食鹽，約有一五、○○○、○○○、○○○、○○○,○○○噸，而皆自內陸河流所輸入，每年約一七五、○○○、○○○噸；以此除彼，故知地球年紀爲八六、○○○、○○○年。(3)生物學(Biological)——當俠兒達爾文從生物學上之推證，地球年紀約爲一○○、○○○、○○○年，與郝來所推算者相彷。(4)放射能(Radioactivity)——自鐳質發明後，測算地球年紀者，多依此放射能爲標準；因太陽與地球之內部，俱有鐳質爲之供給熱力，使不致罄淨也。每個鈾質解體之結果，生二原子之氦，與一原子之鉛，而鐳質則爲其中間變化之階級。科學家以現在地球上鈾質及鉛之存在量，與鐳質每年所遺留之鉛量比較；斷定地球年紀，至少當超過一、○○○、○○○、○○○年。然此等標準，各有其困難處；且無論如何，總不免模糊影響，作「想當然」之推測也。

III、地球之內部　觀乎溫泉之流出，及火山之噴發，地球內部有甚高之溫度；又自地面下掘愈深，溫度愈高(近人測得，每平均深一百呎：約增溫度華氏表一度)，地球內部，必熾熱無比。故拉普萊斯韓和芝等，咸謂地球內部爲流體．以高溫度之下，金石物質，莫不溶解也。此說流行頗久．近代科學家，始反對之，謂地球爲固體，其理由有二：(1)岩石變爲液質，其體質必向外弛張，然在地面六十哩以下，壓力重大，岩石之擴張力，因而阻抑；故地球內部，縱甚熱烈，岩石仍維持其固體，可無疑義。(2)傳導波浪之震動，在物質之堅密者速，而輕鬆者緩。地震時，波浪在地面傳遞之速率，每秒不及四粁，而經過地之中心，則每秒達十四粁(如在中國地震，十分鐘後，其波浪即達至新大陸)。由此可知地球內部，必爲堅密萬分之固體；倘屬流體，何來此種對象？

總之，以上三大問題，艱難深渺：各憑推理，俱可有通；至完全解決之期，則尚有待耳。

第八節　醫學上之新發明

一、秦納(Edward Jenner 1749-1823)

秦納英人，嘗學外科於碩德背黎(odbury)，後開業於巴克萊(Berkeley)。嘗時痘疹盛行，到處恐怖，門牧牛者獨不感染，詳究其理，因發明種牛痘之方術。人多嗤之，但秦氏毅然不顧，益加考求，積二十年之經驗，成種痘研究一書。爾後，漸爲社會所信仰。一八〇二年國會嘉其偉功，賞金萬磅。各國贈之以勳章褒狀者，亦甚多云。

二、黎別希

近今外科醫所用之麻醉劑(Chloroform)，爲十九世紀初葉德化學大學黎別希氏所發明。一八四〇年後，醫士郎恩(Long)摩騰(Morton)沃冷(Warren)等，開始應用於美國。當麻醉劑未發明之前，病人之肯解剖者極少；且雖殘酷不仁之醫士，於剎那間，利刃在手，亦往往張皇失措。但現在則從容不迫，奏刀騞然，時間延長至一二小時之久，亦不妨事；而被解剖者，亦幷不覺若何之痛苦矣。

三、力斯透(Sir Joseph Lister 1827-?)

力斯透英之外科醫士也。曾爲格拉斯高愛丁堡等

大學教授。於解剖之際，散布石炭酸之沫霧於空氣中，以防空氣之傳導病胚，使筋肉速腐；是爲防腐劑(Antseptie) 之所由來。對於解剖上，除麻醉劑外又加增一層保障矣。但防腐劑成功之眞正理由，則倘待黴菌學說出，始能完全解釋也。

四、巴斯德(Louis Pasteur 1822-1895)

巴斯德法人，細菌學之開山元祖也。父爲治皮匠。氏初習化學，舉博士，曾爲巴黎大學教授。發明甚多，其最有功於人道與科學者，即細菌學，亦稱微生物學者是。初考察乳質與酒質發酵之現象，發明發酵之原因，謂爲誘發細菌所致。次證明肉汁之所以發酵者，其中亦必含細菌之卵，否則無此現象；因此，遂得空氣中含有黴菌之確證，而保存物料之方法，因而發明焉。復次，研究疾病之細菌，謂凡百疾病，皆此微小不可思議之生物，爲其厲階。本源旣探，療治之法，從而產生；如癰疽病，犬瘈病，及牛病，雞病，等之治療法，皆巴氏所發明者也。巴氏勇於試驗，其試驗室中，兎鼠之屬，豢養頗衆，每療一病，必先將該病之病菌，種入兎鼠等之體內，

使之病，而後研究療治之方術。現在考求肺癆病，及他種傳染病之病源者，莫不遵循巴氏之法云。

十九世紀中葉，法國南部，蠶病猖獗，業民苦之。一八六五年，法政府派委巴氏，親赴該地研究其原因。巴氏發見蠶之體與卵，滿充無數之細菌，因發明選種之法以防止之。所謂選種者，即用顯微鏡視察，將病蠶另置他處，弗使其傳染滋蔓也。

巴氏既發明許多撲滅細菌之方法，又復發明存養細菌之方法；以細菌雖有一部分爲疾病之媒介，而其大多數，則不特於人類爲無害，而且大有益於人類也。又種痘方術，巴氏亦曾改良之；往日種痘，十人難免一人死亡，是後，則死亡者，萬人中不過一人而已矣。

一九〇六年法國某報館，通告國人，請將本國當代最偉大之人物，自由舉出。結果，巴氏第一，得數萬萬票，鼎鼎大名之拿破侖降居第四；其爲世人之所欽崇，可見一斑矣。

附　　錄

科學在中國之過去與將來

科學之在中國，長言之，則過去有數千年之歷史，將來有無窮之希望。短言之，則過去之成績甚微，將來之結果不可知。故由前之說，則更僕難盡；由後之說，則兩言可決。斯二者，皆非本題命意所在。茲篇之作，蓋欲略述過去之得失，而卜將來之方針焉。

吾國科學之過去，約可分兩大時期：

一、西學未輸入中國之前。

二、西學既入中國之後。

西學輸入中國，又分兩期：

一、明末清初時期。

二、咸同以後時期。

大抵科學之起源，由於民生之需要。埃及 Egypt 巴比倫 Babylonian 兩邦，一則位於尼羅河 Nile River 流域，一則位於幼發拉底 Euphrates 底格里斯 Tigris 兩

河之間。皆以農立國，故天文曆象之學，發達甚早。所以定歲時利稼穡也。

天文　吾國天文學之興，亦復相類；如堯典云「乃命羲和欽若昊天，曆象日月星辰，敬授民時」。又云「朞三百有六旬有六日，以閏月定四時成歲，永釐百工，庶績咸熙」。當時設官專守，如何鄭重，故歷代相承。正朔時易，而官守仍之。迨至姬周之際，人民幾視天象為常識。如詩云「東有啟明，西有長庚」。又云「維南有箕，不可以簸揚。維北有斗，不可以挹酒漿」。想見箕斗諸星，為當時人民所習知，故詩人取而播諸歌詠，便於諷誦，且其時，災異之說興，以天象與人事攸關，時時注意觀察以定吉凶。詩所謂十月之交，朔日辛卯，日有食之，亦孔之醜是也。春秋一書，紀日食星隕者不絕。後世猶據之以考時代之先後，亦有用之記載也。漢興；學者咸徒知已然之不足以啻心也，於是復創天體構造之說。於時言天者有三家：一曰，蓋天：謂地平天覆，如笠蓋之張其上也。二曰，渾天：謂天圓如卵，地居卵心而天包其外也。三曰，宣夜：其持說與渾天家同，惟渾天家設日月星辰

繫乎天，而宣夜則謂日月星辰浮游空中，如魚之游於江湖，無所繫焉。惜其說不傳，而蓋天之說不周，故渾天獨勝。雖後世略有更革，其大體則莫能外也。

數學　吾國數學之興，說者往往謂起於河洛。不知以「戴九履一左三右七二四為肩，六八為足」為河圖洛書者，特宋人之說，不足以為信也。（另有中國數學不起於河圖洛書說一篇）然余觀周髀算經一書，蓋天算之作，而九章所載；如方程，均輸，方田，商功，諸篇，則社會日用之事。故數學起源，亦人事需要使然也。自漢以降，發明殆寡。唐以算學取士，然其程度不加高深。至宋元之際，天元始興。天元者，以天字代未知之數，列入算式，與他數同，受加減乘除而得所求，蓋今之代數也。元季，朱世傑演而充之，以天地人物代未知之數，成「四元玉鑑」一書，造中國算學之極。明季；程大位著「算法統宗」雖無所發明；然其集前人之大成，條分縷貫，秩第井然，於是吾國數學統系始立。

醫學　人生而與疾病戰；故醫藥之起，亦文化發生之一事也。世傳神農嘗百草，尚矣，不可稽矣，然經傳所

載，如書云，「若藥弗瞑眩，厥疾弗瘳」。易云：『勿藥有喜』。論語載康子饋藥事，又云「人而無恆，不可以作巫醫」。似當時醫藥，已見發達。惟醫學，藥物不傳，無從考證其程度耳。及觀書載周公設壇之事，傳載二豎相語之文，論語有子路請禱之舉，似周時治疾之方，猶不離祈禱之術，則亦世界文明發展次第之所同也。

漢興，醫學大備，（考據家有謂內經係漢時產物者）於是納一切疾病於陰陽五行之中。人身一切器官，與以陰陽五行之符。世上一切藥物，與以陰陽五行之性；統一切治法歸於調劑陰陽五行而使之和；於是總散步之事實，貫以圓通之理論。雖其說不合於近世科學之法，然其條理自具，則二千年來中土醫學之大本也。

理化　吾國理化知識，古昔已甚豐富。如琥珀拾芥，磁石引針，陽燧取火等語，皆散見於各書。其他如陶冶之術，施於工藝，昇鍊之術，施於醫藥；製鉛粉，銀硃，以為顏料。製酒漿，餳飴，鹽醯之屬，以供日用。皆創自往古，流傳於今。西人亦嘗推中土為火藥與指南針發源之地。惜乎富於知識，而乏於理論。條理未具，知其然，

而未嘗求知其所以然；斯則有遜於天文算學醫藥三者耳。

以上所述，不過略舉數科，借說中國發展之跡。乃覺吾國文化之興，其於科學極有發達之機。卒之中途滯阻，而所謂西方物質科學 physical science 乃不發生於中國，其故何耶？以余觀之，約有三因：

一、學者不重自然界也——西洋哲學，起於研究自然界之現象，宇宙之構造，而兼及人事者也。吾國哲學家，則偏乎人事方面。間或語及自然之現象，又大都設譬之詞；如『譬如北辰，居其所而衆星拱之』。一語，初非討論天體運行，不過喻為政之道耳。故自然現象，罕有發生學術上問題者。夫其事既為學者所不注意，何由望其發皇耶。

二、無基本觀念也——基本觀念 fundamental concept 者何？前所謂天文之渾天蓋天宣夜諸說，醫藥之陰陽五行是也。有之則可以統馭事實，無之則事實散漫而無紀，繼續研究之維艱。吾國理化知識頗富，而卒不能成一科之學者，卽乏此等基本觀念也。

三、徒有解釋而無試驗也——雖然，如天文學，如醫學，基本觀念誠有之矣，而亦卒未能極其發展者何也？曰，徒有解釋，而無試驗故耳。夫基本觀念之可貴，非徒以貫串已知之事實爲足也。尤在推測未知之事實，而預定之。故基本觀念之善否，於所推測之事之虛實決之。虛實之辨，則試驗尚焉。今未嘗設法證驗所推測之事，而徒抱守其渾天陰陽五行之說，則亦等於虛空之理，迷盲之信，烏見其能發達耶？

西學既輸入中國之後：自明季利瑪竇東來，以天算之學輸入中土。繼之，則有南懷仁湯若望輩。信之者，則有徐光啟李之藻及清康熙帝。所譯著之書，則有崇禎歷書幾何原本等。雖當時稍有爭辨，然如梅文鼎之兼收並蓄；實見中西學術最相融洽之象。且由此發生兩種良好影響：

一、研究古籍　歐洲中世紀因阿拉伯學術之輸入，而求源於希臘。吾國此時，亦因西學之輸入，而求源於古籍，其精神一也。如戴東原輩之窮探勤索，發揚國光。於是中土書算絕而復續，此其一。

二、新發明　學者見中土算術，未必大遜於西土，於是時懷超越西算之想，如李銳之於方程，戴煦之於對數，各有所發明此其二。

道咸以後；吾國屢挫於外。舉國人士，以舊法之不足恃，羣思變法，汲汲以輸入西學爲務。最初，則有江南製造局。製造之餘，兼印行譯籍。所出之書；如侯失勒 Herschel 之談天；雷俠兒 Lyell 之地質淺說，代那 Dana 之金石識別，田大里 Tyndall 之聲學光學，皆一時名著。其範圍亦較明清譯籍爲廣。然則科學之在當時，似有勃興之象，而卒不聞有若何良好影響者，何哉？其故蓋由於提倡西學者，其目的不在科學本體，而在製鐵船，造火器，以制勝強敵，謀富強救國之策耳。而學西學者，又束縛於科舉思想，徒藉一二格致之名詞，以爲進身之階，干祿之途而已。

及至光宣之際，學子負笈東瀛者衆，譯述頗多。惟於科學，率皆膚淺無足述者。邇來科學之名詞，騰播於吾人之耳目矣；然其結果如何，則純賴吾人治科學者，勉力以圖進步。就個人意思，覺有應注意者，臚陳之，以

待諸君之研究罷。

一、爲科學而治科學　試觀以上所述之歷史，如天文數學之發生，爲應用而發達耳。應用之程度甫足，發展之歷程卽止。其後以謀富强而治，取舍不免失當。卒之，本根不固，枝葉無從榮茂。今之學者，又日以科學方法，號召國人，於是有以科學方法言詩者，有以科學方法言文者，吾獨恐無人以科學方法治科學者。諸君當亦笑其杞人之憂也。所望國人之言科學者，治科學者，且先考硏其本體勿徒羨慕其利用，惟眞理之是求，使其理之果眞，求之之法果當，則其致用亦自至耳。

二、使科學在中國立有根據　嘗思西學輸入我國，何以第一期發展，第二期失敗？曰，所傳入之學，在本土須先有根柢。否則，須變其輸入之學爲本土之學，然後始盡輸入之事。不然，則亦如播種於石田耳。變之之法奈何？則亦就中國之所產，施以科學之硏究，舍此無他道也。吾國之動植物，地質，其待硏究至明。康乃耳大學教授 Beilev 遊歷中國三年，歸而語人曰；『三年遊歷，所見植物實較益於四十餘年之研究』。蓋中國地大

物博，研究科學之大好資料也。今假以本土之物，言科學之理，則人將見科學卽在目前，不至覺其渺遠，不可摸着，興趣濃而研究者衆矣。雖其他物質科學，不如自然科學見效之易，然其感應，與本土之事物相聯貫則一也。或以爲當此科學昌明時代，他人風馳電掣，日新月異，我始萌芽，望塵莫及，我進彼亦進，終難有並駕之日。不知世界待發明之事，待研究之問題，不知凡幾。吾人在科學上建功之機會正多，所負之責任亦大。取舊日所譯西籍觀之，則知新知大增，是在吾黨努力爲之耳。（轉錄南高日刊）

近五十年來中國之科學教育

南高日刊

欲知近五十年來中國之科學教育，應知五十年以前教育之大概情況。所謂科學，來自西土，非中國所固有。故舊式教育，絕無科學的色彩：學者所習，多是時文八股；稍有志氣者，略誦古文；再進，則有講經學，史學，文字學者；更再進，則有一二涉獵輿地，算學者，然止乎此矣。五十年前，曾國藩最崇尚學術，其家書中，謂生平有兩種最可羞恥之事，一爲不知天文，一爲不知算學。厥後，命其哲嗣，竟成其未逮之志，紀澤攻究天文，紀鴻研幾數學。此蓋空谷之足音，黑夜之明星也。

中國五十年來之科學教育，可分四大時期：第一爲製造的科學教育；第二，爲書院的科學教育；第三，爲課本的科學教育；第四，爲眞正科學方法的科學教育。

茲先述製造的科學教育：同治初年，天津條約成立，人咸引爲奇辱；洪楊之亂雖戡，而捻匪猖獗，所在騷騷，正內憂外患，相逼而來之秋也。老成謀國之士，如

曾國藩左宗棠輩，以為欲禦侮平盜，非振頓海陸軍不為功；而欲振頓海陸軍，非往日之艨艟艦艦戈矛胄戟所能從事，必採用泰西之輪船鎗礮而後可。然輪船鎗礮，仰給舶來，乞諸其鄰，亦豈計之得乎？故當時有兩大計劃發生：其一，為同治四年曾國藩李鴻章合奏，創設江南製造局；其二，為同治五年左宗棠奏設福建船政局。然欲事製造，必先培養人材，故江南福建兩局，不久皆附設學堂，以關於製造方面之科學，如格致算學之類，教授生徒。京師最早設立之同文館（同治元年），僅研讀西文，科學方面，則付闕如；其首先學習科學者，或當推此二處之學堂也。

爾後，猶以為未足，於是又發生兩重要事端：一為船政局派遣學生，出洋留學；一為製造局設翻譯館，遂譯西方載籍。派遣學生留學，係同治十年曾國藩李鴻章所合奏；派遣者多一時之俊，如唐紹儀嚴復伍光建等是。但維時見解，以為西人所擅長之學問，不外軍政船政數學格致等，若道德文章，則唯華獨優，故所學者在彼而不在此；試閱曾公奏議，便可知其梗概矣。茲節引

一段如下：

選聰穎幼童，送赴泰西各國書院，學習軍政，船政，步算，製造，諸科。約計十餘年，業成而歸，使西人擅長之技，中國皆能諳悉，然後可以漸圖自强。……如輿圖，算法，步天，測海，造船，製器，無一不與用兵相表裏。凡遊學他國，得其長技者，歸而延入書院，分科傳授，精益求精，其於軍政船政，直視爲身心性命之學。……西人學求實際，…期於月異而歲不同。中國欲師其長，一旦遽圖盡購其器，不惟力有所不逮，且此中奧竅，苟非備覽久習，則本源無由洞澈，而曲折無以自明。……況能得其法，歸而觸類引伸，視今日所孜孜以求者，不更擴充於無窮耶？

翻譯館之設，昉自同治六年，延聘口譯二人，筆述三人。至光緒三十年，譯成書籍，都凡百七十餘部；泰半屬於格致製造之學。而且多有名著作：如棣麼甘(De Morgan)之數學理，侯失勒(Herschel)之談天，雷俠兒(Lyell)之地學淺釋，代那(Dana)之金石識別，蒲陸山(Bloxam)之化學鑑原續編，化學分原，富里西尼

(Fresenius) 之化學求數，化學考質，田大里(Tyndall)之聲學光學電學綱目等是。當時譯者，審愼將事，一字一句，頗費斟酌；所譯化學名詞，東瀛之士，後多依之爲張本者，亦可見其價值之一斑矣。但此時科學，初入中土，語言隔閡；逐譯爲苦；華蘅芳譯地學淺說之敍文，足資左證，其言曰：

自金石識別譯成之後，因金石與地學，必互相表裏，地之層累不明，則無從察金石之脈絡，故又與瑪君高溫譯此書。……惟余於西國文字，未能通曉；瑪君於中土之學，又不甚周知；而書中名目之繁，頭緒之多，其所記之事迹，每離奇恍忽，迥出於尋常意計之外。而文理詞句，又顚倒重複，而不易明，往往觀其面色，視其手勢；而欲以筆墨達之，豈不難哉？迨譯至十七卷，余忽患血痢之症，日夜數十次，氣息僡僡，無復人色。自思所譯之書，不可中廢，數請友人代之，皆以言語支離，猝不易解爲辭；則心愈憂而病愈劇。……甫一交睫，則覺高山巨壑，水陸變遷，其中鱗介之蛻，奇獸之骨，種種可駭可愕之物，層見迭出，紛然並集於前。蓋平日所入於耳，寓

於目，而有會於心者，其境界一一發見於若夢若寐之際；而魂魄爲之不安。

以上爲製造的科學教育。甲午之役，喪師辱國，識者懷疑，眼光大變，以爲軍政製造之學，未足爲恃；但應如何改弦更張，亦無一定方針。不過多提倡「洋務，」考試時添加義論策，各處設立書院，如北方之中西書院南方之格致書院南京書院等；令生徒學習格致，數學，萬國公法，地理，商務，教務，之屬。惜此一變，於教育上非特無進步，而且視前退步。蓋學者非有志於學問，不過欲得膏火之補助，出身之資格，於富強叢書西學時務通考西學大成等書中，摽竊一二所謂「洋務」之新名詞，以爲應試之敲門磚，與向之徒讀四書五經者，齊觀等量，何嘗有以西學爲「身心性命之學」者乎？考試題目有「中國言五行西方言四行孰優？」一類，東拉西扯，令人發噱。格致書院講化學一科，試驗輕氣養氣時，曾作記一篇，洋洋數千言。閱後，發生兩種感想：其一，試驗輕養，尚須作記，其視爲異常之舉，可想而知；其一，此處略知從事試驗，比其他書院，較勝一籌。此書院的科學

教育也。

光緒三十一年，因袁世凱等之上奏，始停止科舉，廣興學校，其辦法悉遵張百熙榮慶張之洞所釐定之奏定學堂章程。初等小學五年，以算術爲正課，格致一科，混合於國文讀本內。高等小學四年，算術每週三小時，格致兩小時，皆爲正課。中學五年，科目有算學，博物，理化，三種。高等學堂有算學，物理，化學，動植物，地質，及鑛物等科目，視將來升入大學之科別，而預習之。大學中特立格致一科，分算學，星學，物理學，化學，動植物學，地質學，五門。據此以觀，亦云注重科學矣；但對於科學，無眞正的觀念，不過抄襲日本，人云亦云，紙上談兵，無裨實際，稱之爲課本的科學教育，當未爲過也。

近數年來，大家始覺曩昔所主張提倡之教育，均屬未中肯綮，不着邊際。欲言教育，必從科學的方法上着手，凡各種科學，不可全恃他人已得之結果，必自己加以研究試驗；此蓋眞正的科學教育，開端之時也。然從事科學的教育，有兩大要點，不可不注意者：

(一)要有研究科學之人——傳播科學之時期，業已過去；研究科學，今正其時。年來如中國科學社，北京地質調查所，中央觀象台等或調查，或觀察，或就研究所得，發爲文章，著錄專書，成績斐然，彌可稱道。最近如本校教授秉農山先生之採集動物標本，胡步曾先生之採集植物標本；他如南開大學，金陵大學亦多至海南等處採集植物標本者；將前人所未研究者，從而研究之，此皆一時之創舉。如能舉起繼續，於科學教育前途，必有莫大之裨補；蓋就本地風光，講述科學，最足引起學生研究之興趣也。

(二)要用科學方法解決困難問題——欲使科學教育發達，一方固宜研究科學，一方亦宜運用科學方法，解決實際上之困難問題，以堅普通一般人對於科學之信仰。余嘗謂西學輸入，日本較中國爲後，而其進步則較速者：卽西學輸入日本者，首爲醫學，研究是學者，隨卽能解決疾病問題，故彼邦人民，咸信西學之功用；厥後派遣學生，游學外洋，由醫學而逐漸及於其他之科學。若中國最初所學習之科學。屬於軍政製造方面，

甲午一敗，人遂以科學爲不可靠矣；進步遲緩，寧非由此乎？本校與江蘇所設之昆蟲局，現以除撲蚊蠅爲職志，結果所至，社會信仰；則不但應用科學因而昌明，純粹科學亦將從此發達矣。

以上兩方面，均已有起點矣；將來結果之如何，是在國人之努力。然無論何國，科學之發展，莫不以學校爲根基；科學教育，詎可忽乎哉？　（轉錄教育彙刊）